

ЗЕМЛЯ №4 (358)
ИЮЛЬ-АВГУСТ, 2024

астрономия
геофизика
космонавтика

И ВСЕЛЕННАЯ

ISSN 0044-3948



**Лунная одиссея 2024 года.
Начало освоения «седьмого
континента Земли»**

**Магнитное поле хвоста
магнитосферы Земли
и перенос лунной пыли**

Взгляд в будущее лунных баз

ВСПОМИНАЯ ЕФРЕМА ПАВЛОВИЧА ЛЕВИТАНА

АСТРОНОМИЧЕСКОМУ КРУЖКУ МОСКОВСКОГО ПЛАНЕТАРИЯ – 90 ЛЕТ

ИЗ ИСТОРИИ ПЕРВОГО «КОСМИЧЕСКОГО» АРХИВА



НАУКА

— 1727 —

ПОДПИШИТЕСЬ НА ЖУРНАЛЫ ИЗДАТЕЛЬСТВА «НАУКА»

печатные и электронные версии

В ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНЕ NAUKABOOKS.RU

- ⇒ Зайдите на сайт.
- ⇒ Выберите журнал.
- ⇒ Укажите контактные данные получателя.
- ⇒ Оплатите заказ онлайн.

Отдельные номера журналов можно купить
в магазине «Академкнига» по адресу:
г. Москва, Шубинский пер., д. 6, стр. 1.



ПО E-MAIL И ТЕЛЕФОНУ

journals@naukapublishers.ru или +7(495) 276-77-35

Сообщите, на какие журналы вы хотите подписаться, а также
свои контактные данные. Менеджер поможет оформить подписку.

ЧЕРЕЗ ПОДПИСНЫЕ АГЕНТСТВА



Почта России podpiska.pochta.ru
Урал-Пресс ural-press.ru
Пресса России pressa-rf.ru
ПрессИнформ presskiosk.ru
Ивис ivis.ru НЭБ elibrary.ru

На странице журнала
размещена информация
о его стоимости и условиях
доставки

Обязательно проверьте,
что правильно указали
контактные данные
получателя

ЗЕМЛЯ И

№4 (358)

ИЮЛЬ-АВГУСТ, 2024

ISSN 0044-3948

астрономия
геофизика
космонавтика

ВСЕЛЕННАЯ

Научно-популярный журнал
Российской академии наук
Издается под руководством
Президиума РАН
Выходит с января 1965 года
6 раз в год
«Наука»
Москва



Лауреат Белявской премии
2023 г.

На обложке:

Фотография Земли, полученная
советской космической станцией
«Зонд-7» 11 августа 1969 г.
во время полета вокруг Луны

В НОМЕРЕ:

Колонка главного редактора	3
ЗЕЛЁНЫЙ Л.М., ЗАРУБИН Д.С., ПЕТРУКОВИЧ А.А. Лунная одиссея 2024 года. Начало освоения «седьмого континента Земли»	7
ЗЕЛЁНЫЙ Л.М., ГОЛУБЬ А.П., МОРОЗОВА Т.И., ПОПЕЛЬ С.И. Магнитное поле хвоста магнитосферы Земли и перенос лунной пыли	30

Космическое образование

ГОЛОВАНОВА А.В., МАГАРЯН К.А., ИНОЗЕМЦЕВА А.В., НАУМОВ А.В. Четвертая Всероссийская викторина юных физиков ОФН РАН. Вопросы	36
--	----

Космонавтика XXI века

ШУБИН П.С. Взгляд в будущее лунных баз	45
ЛИСОВ И.А. «Чанъэ-6» вернулась!	54

Люди науки

РЯБЦЕВА Л.В. О Е. П. Левитане. К 90-летию со дня рождения	64
ГЕРАСЮТИН С.А. Памяти Ефрема Павловича Левитана	66

Обсерватории, институты, планетарии

РУБЛЁВА Ф.Б., ПЕРХНЯК А.Н. Астрономическому кружку Московского планетария – 90 лет	78
ДОБРЕНЬКАЯ М.В. Из истории первого «космического» архива	89

Коротко и интересно

Планетологи подтвердили гипотезу о том, что молодую Луну покрывал океан магмы	104
--	-----

Космическое образование

ГОЛОВАНОВА А.В., МАГАРЯН К.А., ИНОЗЕМЦЕВА А.В., НАУМОВ А.В. Четвертая Всероссийская викторина юных физиков ОФН РАН. Ответы	106
Table of Content	115

© Российская академия наук, 2024
© Редколлегия журнала «Земля и Вселенная» (составитель), 2024
© ФГБУ «Издательство «Наука», 2024

Earth&Universe: Astronomy, Geophysics, Cosmonautics
Bimonthly popular scientific magazine of the Russian Academy of Sciences & NAUKA Publishing.
Founded 1965.
Published by NAUKA Publishing, Shubinsky per., 6, str. 1, 121099, Moscow, Russia.

Редакционная коллегия:

главный редактор
академик Л.М. ЗЕЛЕНЬИЙ,
летчик-космонавт
П.В. ВИНОГРАДОВ,
зам. главного редактора
кандидат филолог. наук
О.В. ЗАКУТНЯЯ,
доктор исторических наук
К.В. ИВАНОВ,
летчик-космонавт
А.Ю. КАЛЕРИ,
кандидат физ.-мат. наук
О.Ю. ЛАВРОВА,
член-корр. РАН
А.А. ЛУТОВИНОВ,
зам. главного редактора
доктор физ.-мат. наук
О.Ю. МАЛКОВ,
доктор физ.-мат. наук
И.Г. МИТРОФАНОВ,
академик И.И. МОХОВ,
член-корр. РАН
И.Д. НОВИКОВ,
член-корр. РАН
К.А. ПОСТНОВ,
доктор физ.-мат. наук
М.В. РОДКИН,
научный директор
Московского планетария
Ф.Б. РУБЛЕВА,
член-корр. РАН
А.Л. СОБИСЕВИЧ,
член-корр. РАН
О.Н. СОЛОМИНА,
академик В.А. СОЛОВЬЕВ,
академик
А.М. ЧЕРЕПАЩУК,
доктор физ.-мат. наук
В.В. ШЕВЧЕНКО,
член-корр. РАН
Б.М. ШУСТОВ

Editorial Board:

Editor-in-chief
Acad. Dr. Lev M. ZELENYI
Acad. Dr. Anatoly M. CHEREPASCHUK
Dr. Konstantin V. IVANOV
Pilot-cosmonaut Alexander Yu. KALERI
Dr. Olga Yu. LAVROVA
RAS Corr. Member Dr. Alexander A. LUTOVINOV
Deputy Editor-in-chief
Dr. Oleg Yu. MALKOV
Dr. Igor G. MITROFANOV
Acad. Dr. Igor I. MOKHOV
RAS Corr. Member Dr. Igor D. NOVIKOV
RAS Corr. Member Dr. Konstantin A. POSTNOV
Dr. Mikhail V. RODKIN
Faina B. RUBLEVA
Dr. Vladislav V. SHEVCHENKO
RAS Corr. Member Dr. Boris M. SHUSTOV
RAS Corr. Member Dr. Alexey L. SOBISEVICH
RAS Corr. Member Dr. Olga N. SOLOMINA
RAS Corr. Member Dr. Vladimir A. SOLOVYEV
Pilot-cosmonaut Pavel V. VINOGRADOV
Deputy Editor-in-chief
Dr. Olga V. ZAKUTNYAYA

Колонка главного редактора

Дорогие читатели, коллеги, друзья!

Хочу поделиться с Вами впечатлениями о некоторых ярких московских космических событиях сентября – октября 2024 г.

Давнишняя идея сотрудников ИКИ РАН, да и многих специалистов, так или иначе связанных с космосом, – увековечить память «Главного теоретика отечественной космонавтики» и в его лице всех космических первопроходцев нашей страны, похоже начала сбываться. Речь идет о памятнике, который планируется установить вблизи площади Академика Келдыша, названной в честь президента АН СССР Мстислава Всеволодовича Келдыша после его смерти в 1978 г. Площадь находится в Москве на перекрестке улиц Обручева и Профсоюзной, и, к сожалению, её название неизвестно не только проходящим по ней москвичам, но даже специалистам, занимающимся космосом. По крайней так было до недавнего времени, и мы делаем все, чтобы эту ситуацию изменить.

4 сентября сего года общественности торжественно представили концепцию нового архитектурно-скульптурного пространственного объекта «Космос для человека». Пока только в виде рендера – отрисовки проекта благоустройства территории, где будет расположен памятник российским ученым и инженерам, проложившим человечеству дорогу в космос. В центре композиции – ученый, для образа которого был выбран облик академика Мстислава Келдыша, «Главного теоретика отечественной космонавтики» и одного из создателей ядерного щита нашей страны, президента Академии наук (1961–1975), трижды Героя Социалистического Труда.

Макет разработал скульптор Андрей Ковальчук, автор многих известных произведений, в частности, мемориала



«Жертвам Чернобыля» и памятника адмиралу Федору Ушакову в Москве.

«Девизом» памятника станут замечательные слова Мстислава Всеволодовича: «Человечество вступило в новую эпоху овладения сокровенными тайнами природы, скрытыми в глубинах космоса. Новые явления, которые мы встретим на других планетах, будут использованы для улучшения жизни на Земле».

Выбранное место как нельзя лучше подходит для воплощения названной идеи, поскольку именно здесь находится «куст» организаций, связанных с ракетно-космической отраслью. Непосредственно рядом расположены Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша и Институт космических исследований Российской академии наук. В этом же районе находятся связанные с деятельностью основателей отечественной космической отрасли Институт проблем управления РАН, Российский государственный архив научной и технической документации (существенную часть фондов которого составляют документы космической тематики) и один из центров управления Военно-космических сил России. Новые поколения ученых и инженеров, достойной современной России работающие над космической программой, продолжают движение по пути, намеченному их великими предшественниками.

Площадь академика Келдыша находится на воображаемой линии, которая соединяет «космические города» Калугу на юге-западе и Королев на северо-востоке. Внутри Москвы этот «космический диаметр» проходит от площади академика Келдыша к площади Гагарина и затем мимо улицы Щепкина, где находится Государственная корпорация по космической деятельности «Роскосмос», к Московскому музею космонавтики «под ракетой» и павильону «Космос» в районе станции метро ВДНХ.

Памятник творцам побед в космосе завершит логическое формирование «московского космического диаметра» и станет художественной доминантой Юго-западного административного округа Москвы. И хочется надеяться, что памятник первопроходцам космоса воплотит и романтику научного поиска, и мощь науки в решении важных задач, стоящих перед страной.

В тот же солнечный сентябрьский день вместе с презентацией памятника состоялось открытие тематической фотовыставки, рассказывающей о выдающихся ученых, в разное время живших и работающих в этом районе столицы. Светилам науки, в честь которых названы 38 расположенных здесь улиц, посвящены стильно оформленные стенды.

В своем выступлении во время презентации я в шутку рассказал о своем недавнем «открытии». Используя школьный метод определения центра тяжести, легко увидеть, что именно в районе муниципального округа Коньково, после присоединения подмосковных территорий, находится центр «новой Москвы». На севере столицы есть и Мемориальный музей космонавтики и павильон «Космос» на ВДНХ, а вот южный район пока такого рода объектами, популяризирующими космическую науку, обделен. Между тем в южной части большой Москвы есть и кому учить новые поколения исследователей (здесь расположено мно-

го космических предприятий и институтов), и кому учиться. Любознательная молодежь юго-запада Москвы уже приехала два раза в год в октябре и апреле собираться на днях космической науки в Институте космических исследований РАН. Стоит подумать о создании южного столичного космического музея, образом которого может послужить музей ИКИ РАН.

Буквально через месяц после этого события, уже не в столь теплую погоду, в ИКИ РАН с успехом прошла ставшая традиционной¹ конференция по космическому образованию «Дорога в космос». Идея организаторов собрать на одной площадке всех, кто вовлечен в эту важную работу: преподавателей школ и вузов, работников космических музеев и планетариев, научных журналистов и сотрудников космических архивов, на мой взгляд, полностью удалась. Вряд ли я смогу в этой краткой колонке рассказать обо всем, что происходило в эти дни на конференции. Материалы конференции выкладываются на ее сайте², а в ближайших номерах мы опубликуем ее резолюцию. Сейчас я выделю лишь несколько, на мой взгляд, наиболее важных выступлений.

На высоте, как всегда, оказались сотрудники «научно-космических» архивов: Российского государственного архива научно-технической документации и Архива Российской академии наук. В этом номере мы публикуем статью М.В. Добренской о том, как создавался этот фактически «космический архив». Научный директор Московского Планетария Ф.Б. Рублева, член редколлегии ЗиВ, рассказала о новых программах

¹ Есть некоторая путаница с обозначениями. Конференция с названием «Дорога в космос» проводится в ИКИ РАН уже в третий раз, но первая из них в 2019 г. была всероссийской, а вторая в 2021 г. — первой международной, каковой и осталась сегодня.

² <https://roadtospace.cosmos.ru/>

Планетария и подготовке к 95-летию этого важнейшего центра космического образования. Всего на 5 лет меньше Астрономическому кружку Московского Планетария, которому посвящена статья Ф.Б. Рублевой и А.Н. Перхняка, также публикуемая в этом номере.

Много лет мы с интересом наблюдаем за новыми методами научно-образовательной работы, которая ведется в школе № 1874. Учитель физики Т.В. Балебанова рассказала об инновационном проекте «Выездные экспедиции в обсерватории, научные и промышленные центры России» в рамках школьной экспериментальной площадки «Межшкольный центр изучения астрономии» (МШ-ЦИА). В начале учебного года выбирается направление поездки и организация, которая готова принять ребят. Во время поездки ученики работают над собственными проектами, темы которых определяют заранее и потом защищают их в рамках школьной «Недели науки и творчества».

Острой получилась дискуссия на секции, посвященной школьному космическому образованию. С.А. Язев рассказал об истории преподавания астрономии в средней школе и аргументированно показал, что отмена этого предмета, как обстоит дело сейчас, недопустима, однако необходимо понять, каким образом вводить ее в программы современной школы, с учетом и новых достижений самой науки и логики преподавания других дисциплин: математики, физики, географии, и даже химии и биологии.

Одним из решений резолюции конференции, которая будет направлена в Министерство просвещения РФ и Российскую академию образования, станет необходимость восстановить преподавание астрономии в школе как предмета, формирующего естественно-научное мировоззрение человека.

Интересная дискуссия развернулась и вокруг как успехов, так и недостатков

использования возможностей Международной космической станции для целей космического образования. Сегодня важно проанализировать и учесть недостатки организационных сложностей создания и реализации образовательных экспериментов, прежде всего бюрократизма, проявившиеся на МКС, в планировании научно-образовательных программ на новой Российской орбитальной (высокоширотной) станции (РОС).

Приятным сюрпризом для участников стала очень любопытная презентация коллег из Панамы о перспективах космического образования в Латинской Америке и возможных направлениях сотрудничества с Россией. Директор Панамского инновационного Центра космической науки (CENACEP) доктор М. Рохас, в частности, сказала, что «это сотрудничество открывает новые возможности для подготовки специалистов в таких областях, как астробиология и дистанционное зондирование, а также для участия в научных экспериментах на МКС и в лунных миссиях, укрепляя позицию Панамы как регионального центра космических технологий».

В ходе конференции также состоялся показ фильмов Фестиваля актуального научного кино (ФАНК). Три вечера подряд, после очень насыщенных сессий, участники оставались, чтобы увидеть научно-популярные фильмы, снятые российскими и зарубежными режиссерами. В программу были включены четыре ленты.

Первый фильм «Охотник за метеоритами» рассказывает о жизни и работе Тимура Крячко, российского астронома и человека, увлеченного поисками метеоритов, этих «космических пришельцев» на Земле. На показе присутствовал сам Тимур Валериевич, который с увлечением рассказывал о деле своей жизни и даже принес два экземпляра «небесных гостей», чтобы гости смогли буквально прикоснуться к космосу.

Второй вечер был посвящен пилотируемой космонавтике. Короткометражный фильм «Год в “Звездолете”» рассказывает о пионерском эксперименте 1967 г. по годовой изоляции троих человек в замкнутом помещении с автономной системой жизнеобеспечения. А документальная лента «“Союз” – “Аполлон”. Сила притяжения» рассказывала необыкновенно лирическую историю дружбы двух человек – космонавтов Алексея Леонова и Тома Стаффорда, чье рукопожатие в космосе для многих стало символом окончания (или хотя бы значительного «потепления») «холодной войны». Во время показов фильма комментировали я и мой близкий друг Марк Самуилович Белаковский, сотрудник Института медико-биологических исследований РАН, который очень хорошо знаком с особенностями проведения длинных изоляционных экспериментов: «Марс-500», SIRIUS и другие.

Завершил программу французский фильм «Ближе к звездам» о замечательных современных наземных обсерваториях, работающих в разных уголках земного шара: в чилийских Андах, на Гавайях и Канарских островах. Отвечая на вопросы после фильма, сотрудник ИКИ астроном Олег Станиславович Угольников подчеркнул, что космическая эра отнюдь не означает конца наземных обсерваторий. Возможности адаптивной оптики и новых технологий позволяют нам по-прежнему делать открытия с поверхности Земли.

А 4 октября участники конференции отметили наступление нового шестидесяти восьмого года космической эры. Его открыло видеоприветствие и поздравление для участников конференции, которое прислал Ю.И. Борисов, генеральный директор ГК «Роскосмос».

В торжественном заседании приняли участие А.В. Наумов, член-корреспондент РАН, член Координационного совета профессоров РАН, А.А. Петрукович,

член-корреспондент РАН, директор ИКИ РАН, М.Ю. Беляев, профессор, заместитель руководителя научно-технического центра ОАО «РКК “Энергия”», Г.С. Федоров, главный продюсер АНО «Национальные приоритеты», Д. А Шишкин, директор административного департамента ГК «Роскосмос».

Завершая конференцию, Дмитрий Александрович Шишкин подробно рассказал о кадровых проблемах космической отрасли в стране и той работе, которая ведется в Госкорпорации для их решения на всех уровнях: начиная от школьного образования и ведения специальных «Космических классов» и заканчивая работой с молодыми специалистами.

Завершая, я хочу особенно отметить две публикации в этом номере, которые посвящены замечательному человеку – Ефрему Павловичу Левитану, бессменному ответственному редактору «Земли и Вселенной» почти с момента создания журнала и до своего ухода из жизни в 2012 г.

Мне посчастливилось недолго поработать в составе фактически возглавляемой им тогда редакции ЗиВ и, став несколько лет назад главным редактором журнала, я, как могу, стараюсь сохранить эту атмосферу бескорыстного искреннего увлечения наукой, почти детского восхищения ее загадками, которая царила в его редакторской комнатке в Мароновском переулке – тогдашней резиденции журнала. Ефрем Павлович был замечательным популяризатором, автором множества научно-популярных книг для самых маленьких – и никто не сможет сосчитать, сколько детей стало настоящими учеными или просто навсегда влюбились в небо благодаря его детским и в чем-то наивным историям о «Солнышке и его семье».

*Главный редактор
журнала «Земля и Вселенная»
академик Лев Матвеевич Зелёный*

ЛУННАЯ ОДИССЕЯ 2024 ГОДА. НАЧАЛО ОСВОЕНИЯ «СЕДЬМОГО КОНТИНЕНТА ЗЕМЛИ»



ЗЕЛЁНЫЙ Лев Матвеевич,

академик РАН,

заместитель председателя Совета по космосу РАН

ЗАРУБИН Дмитрий Сергеевич,

ПЕТРУКОВИЧ Анатолий Алексеевич,

член-корреспондент РАН

Институт космических исследований РАН

DOI: 10.7868/S0044394824040017



ВВЕДЕНИЕ

Многие помнят, как принято говорить, «культовый» научно-фантастический фильм Стэнли Кубрика «Космическая одиссея 2001 года», созданный в 1968 г. и ставший вехой в развитии кинофантастики и мирового кинематографа. Сегодня это время реализации планов, еще недавно казавшихся фантастическими, наступило. На наших глазах происходит резкий переход от чисто научных иссле-

дований Луны к началу ее полномасштабного освоения и подготовка к будущему использованию ресурсов нашего «седьмого континента».

В этом начинающемся лунном марафоне участвует множество государств, что принципиально отличает складывающуюся ситуацию от знаменитой лунной гонки СССР и США, разыгрывавшейся в 1960–1970 гг. и движимой в основном политическими и престижными мотивами. Эти факторы, несомненно, остаются существенными и сейчас,

но на первый план уже постепенно выходят конкретные экономические интересы. Лунную повестку обсуждают сейчас не только ведущие космические страны, но и множество других государств, между ними складываются новые альянсы и коалиции, так что лунная тематика приобретает важный международный аспект.

В этой статье мы постарались проанализировать динамическую, складывающуюся на наших глазах картину начала лунной экспансии человечества.

Задачи программ исследования и освоения Луны изменились по сравнению с периодом 50-летней давности. В конце 1950–1970-х гг. советские и зарубежные ученые и инженеры успешно решили на основе технологий середины прошлого века базовые задачи полетов в окололунное пространство, доступа на поверхность Луны, возвращения лунного реголита (грунта) и некоторые другие.

В 20-х гг. XXI в. речь идет уже не столько о разовых полетах, сколько о взаимоувязанных мероприятиях, которые должны обеспечить достижение новых целей и решение новых задач, устойчивый характер программы изучения и освоения Луны.

На начальном этапе речь идет в значительной степени об изучении Луны на основе имеющихся возможностей – ракет и разгонных блоков, космодромов, коллективов предприятий промышленности и организаций науки. Эти возможности позволяют выполнить специализированные лунные миссии: запуски аппаратов серии «Луна», пилотируемый облет Луны, запуск попутных аппаратов малой размерности для отработки отдельных технических решений. Такие миссии и возможности российской программы одновременно являются основой для работы по формированию необходимой международной кооперации.

В перспективе рассматривается создание специализированных средств, которые обеспечат создание долговре-

менной «базы» на Луне, сначала автоматической, затем посещаемой человеком. При этом автоматические и пилотируемые миссии будут дополнять друг друга.

Луна важна не только как объект для изучения, но и как «вторая ступенька» на пути человечества в дальний космос, место, где наиболее удобно осваивать новые технологии, позволяющие двигаться дальше от околоземной орбиты («первая ступенька»).

Интерес к уже «новой» Луне вернулся с начала XXI в., когда был выполнен ряд зарубежных автоматических миссий. Было однозначно установлено, в том числе и по результатам измерений нейтронного альbedo лунной поверхности, сделанных российским прибором ЛЕНД на орбитальной станции LRO (Lunar Reconnaissance Orbiter, NASA), что в приполярных районах Луны в условиях вечно-го затенения или пониженной освещенности Солнцем можно ожидать наличия в приповерхностном слое реголита водородсодержащих соединений, преимущественно залежей водяного льда. Скорее всего, это остатки кометного льда, принесенного на Луну в эпоху формирования Солнечной системы¹. Такой «первичный» лед представляет интерес как образец первичного вещества в Солнечной системе и как потенциальный ресурс для использования в виде воды, кислорода и водорода на будущих постоянных базах.

Большинство проектов в мире ориентированы сегодня на посадки в окрестностях полюсов. Найти достаточно удобный район для размещения отдельных аппаратов и в перспективе инфраструктуры – непросто. Сегодня возникла своего рода вторая, по сравнению с первой в XX веке, «лунная гонка» за выгодное

¹ См. Митрофанов И.Г. Вода на Луне и Меркурии // Земля и Вселенная. 2013. № 1. С. 3–15; Митрофанов И.Г. Об освоении Луны. Русский космизм, лунная гонка и открытие «новой Луны» // Земля и Вселенная. 2019. № 1. С. 5–17.

место у Южного полюса. Причем зарубежные участники этой гонки не только создают технику и технологии для доступа в такие перспективные районы на юге Луны, но формируют и юридическую защиту мест будущих посадок, призывая закрыть для использования другими государствами или иными субъектами или хотя бы значительно ограничить возможность доступа в те лунные районы, где уже есть чье-то оборудование.

Таким образом, Луна остается вопросом геополитики – новым, пока неосвоенным и не до конца понятным, но перспективным «седьмым континентом Земли».

Задачи развития и демонстрации научно-технического уровня, позволяющего создать лунную технику и доставить ее на поверхность нашего спутника, остаются актуальными. Но их решение состоит сегодня не только в «задаче установки флага» – выполнения отдельной миссии, а в создании и развитии космических средств и системы организации работ для постепенного и последовательного развития возможностей в направлении устойчивого и долговременного присутствия на Луне – историческая аналогия состоит в освоении новых территорий и континентов на Земле, но уже в космических масштабах.

Основные необходимые мероприятия понятны и включают в себя создание условий (постановку задачи, организацию работ, снижение административных издержек, создание средств и формирование мотивированных коллективов, развитие международной кооперации на принципах открытости и взаимовыгодного партнерства и другие) и космические запуски.

Показателем эффективности таких мероприятий могут служить последовательные запуски космических аппаратов к Луне и на Луну с их возрастающим числом и интенсивностью и поэтапно наращиваемой сложностью решаемых задач.

Перечисленные изменения в контексте исследований Луны (от схемы «нау-

ка + задача флага» к «наука + освоение + задача флага + международное сотрудничество») во многом стали результатом успехов российской и международной космонавтики последних десятилетий.

В числе первых успехов – выполненные лунные миссии 90-х гг. XX в. и нулевых годов XXI в., которые продемонстрировали работоспособность части базовых технологий и дали новые научные данные о Луне, на основе которых сейчас и строятся дальнейшие планы всех без исключения участников лунной гонки.

Вторым важнейшим успехом, который дает огромный и многогранный опыт для будущих шагов в изучении и освоении Луны в международном формате, является действующая программа Международной космической станции, где Россия является основным партнером в кооперации из 15 ведущих космических стран. Одной из основ для успешного создания и развития программы МКС стала советская и российская станция МИР, программы «Интеркосмос» и «МИР-Шаттл».

Впервые в мире в рамках создания и развития МКС было обеспечено выполнение столь масштабных задач присутствия человека в космосе – в формате государственных и коммерческих проектов. На МКС выполняется масштабная российская научная программа с международным участием. Более двух десятилетий обеспечивается доставка экипажей и грузов на борт станции – и в течение длительного периода пилотируемые полеты на станцию обеспечивались только российскими средствами.

Необходимо отметить исключительную роль руководителей российской ракетно-космической промышленности Ю.Н. Коптева, Ю.П. Семёнова, А.Б. Краснова, А.Г. Деречина, С.К. Шавевича в становлении и развитии программы МКС, успехах российской пилотируемой космонавтики сегодняшнего дня – основы для будущих шагов уже в освоении Луны.

Другой важнейшей предпосылкой являются успехи спутникостроения. Яркий пример – система спутниковой связи «Ямал» (генеральный конструктор Н.Н. Севастьянов), впервые в России созданная частной компанией АО «Газком». За счет перехода на негерметичные платформы впервые в России сроки работы КА на околоземной орбите увеличены с нескольких до более чем 15 лет.

В современных исследованиях Луны для России возможны и необходимы не менее значимые успехи.

Сегодня уже можно констатировать, что не только околоземная орбита, но и Луна в общемировом масштабе становится реальностью. Не только государственные агентства, но и частные компании при поддержке государственных космических агентств осуществляют запуски нескольких автоматических миссий в год, выполняются работы в обеспечение пилотируемых миссий на Луну в ближайшие несколько лет.

В 2022 г. – пилотируемым кораблем «Орион» (НАСА, ЕКА) выполнен облет Луны (в беспилотном режиме). Запущены недавние автоматические аппараты Китая (6 миссий!), Израиля, Индии, Японии, Кореи, США и России. В составе национальных лунных миссий доставлены на Луну международные полезные нагрузки уже многих стран. Дальнейшие планы по Луне в общемировом масштабе еще более значительны – международные коалиции, автоматические и посещаемые базы и пр.

Вместе с тем технические риски выполнения лунных миссий кратно выше по сравнению с околоземной орбитой из-за внешних воздействующих факторов и количества динамических операций – маневров, изменений орбит, посадки, стыковок и пр., требований к обеспечению управления и связи на дистанции более 380 тыс. км и др. То, насколько такие риски серьезны, показали не-

успешные первые лунные миссии таких стран, как Япония, Индия, Израиль, США. Здесь, к сожалению, Россия не выбилась из общей статистики. В 2023 г. первая после долгого перерыва миссия с посадочным аппаратом «Луна-25» выполнила все этапы перелета к Луне, однако разбилась на этапе снижения.

Мировой опыт управления подобными техническими и программными рисками во многом основан на МКС, где за счет наличия двух сегментов, российского и американского, обеспечивается «двойное дополнительное» резервирование основных технических систем и средств. Такой подход и вытекающая из него необходимость сотрудничества, очевидно, являются неизбежными механизмами обеспечения устойчивости масштабных программ в условиях Луны.

На фоне новых возможностей отдельных стран и международной кооперации и при этом характерных для Луны рисков можно отметить, что даже для ведущих государств речь сегодня идет не об абсолютном лидерстве в лунной гонке, а об устойчивости национальных лунных программ и о достойном, значимом участии в формирующейся международной лунной программе.

ЛУНА В XX ВЕКЕ

Сегодняшнюю ситуацию в исследованиях Луны можно охарактеризовать как быстро меняющуюся, причем в сторону расширения присутствия отдельных стран и создания международных коалиций.

Чтобы проследить логику развития событий, необходимо начать немного издалека.

Нельзя не сказать о К.Э. Циолковском. В общественном сознании трудящихся СССР он занимал центральное место в контексте изучения космоса и полетов за пределы земной атмосферы. А сегод-

ня мы можем сказать, что основоположник космонавтики оказался провидцем и в лунных исследованиях. Фактически его слова об обширных залежах водяного льда в слоях верхнего реголита приполярных регионов на Луне являются одним из главных мотивов, стимулирующим прошлые и сегодняшние экспедиции.

«Контрасты температур громадны вследствие отсутствия уравнивающего воздействия воды и воздуха. Всегда затененные углубления и ямы страшно холодны. Еще холоднее должна быть температура подобных мест в северных и полярных областях. Возможно, что там накопились обширные слои отвердевшей воды и атмосферы» (К.Э. Циолковский «На Луне»).

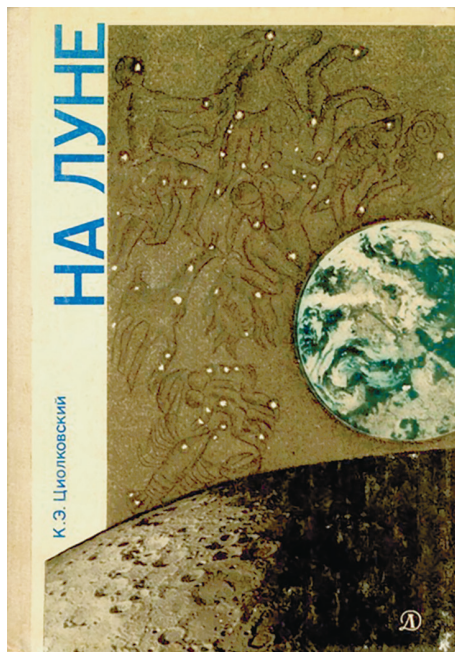
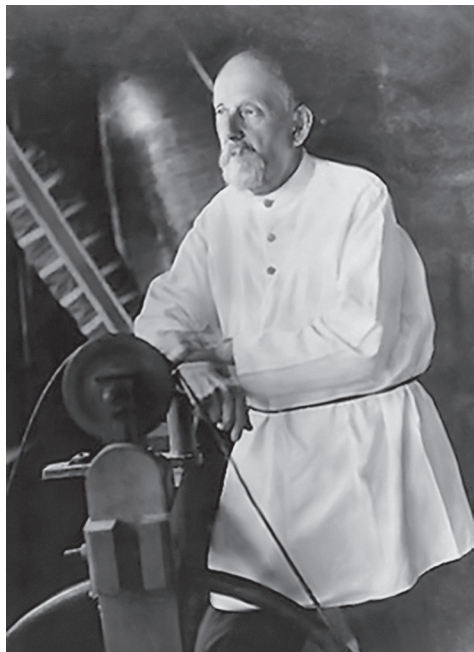
В 60–70-х годах XX в. был исполнен первый драматический акт пьесы, получившей в средствах массовой информации название «лунная гонка».

В его ходе были выполнены отечественные автоматические лунные мис-

сии. Впервые в мире СССР была сфотографирована обратная сторона Луны, осуществлена мягкая посадка в 1966 г. Состоялись три доставки грунта с Луны на Землю автоматическими аппаратами – мы и сейчас пользуемся этим достоянием, обмениваясь с другими странами. Эта часть отечественной лунной программы связана с именем Г.Н. Бабакина, возглавлявшего организацию, теперь называющуюся АО «НПО имени Лавочкина», вместе с которой институты РАН планируют исследования на лунных автоматических станциях уже в этом веке.

Далее, в рамках подготовки к пилотируемым миссиям СССР были выполнены облеты Луны аппаратами «Зонд» и созданы транспортные пилотируемые корабли «Союз», современные модификации которых используются для доставки экипажей на борт МКС и их возвращения на Землю.

К.Э. Циолковский и обложка его научно-популярной повести «На Луне»





США, в свою очередь, выполнили как автоматические полеты, преимущественно в обеспечение полета человека, так и шесть пилотируемых экспедиций на поверхность Луны.

Все миссии СССР и США в XX в. были выполнены с посадками в экваториальных и среднеширотных областях Луны – однако, как позже выяснили исследователи, лунная природная среда вблизи полюсов принципиально отличается от районов на средних и околоэкваториальных широтах.

Интересно, что во время относительной разрядки после Карибского кризиса президент США Дж. Кеннеди предложил главе СССР Н.С. Хрущеву совместно работать над пилотируемой программой, сначала конфиденциально, потом и официально, выступая в Конгрессе США в сентябре 1963 г. Но через месяц Дж. Кеннеди погиб, и история пошла другим путем.

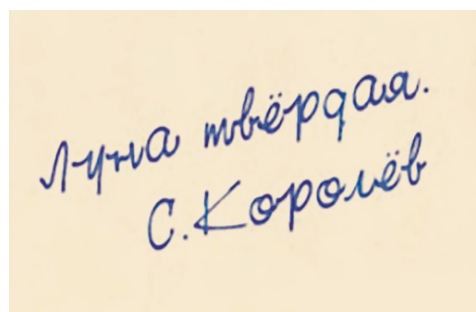
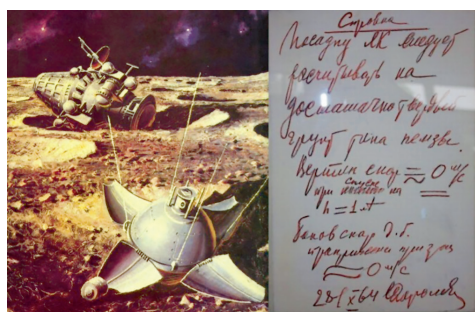
«Луна – это место для нового сотрудничества, для дальнейших совместных усилий по освоению и регулированию космоса.

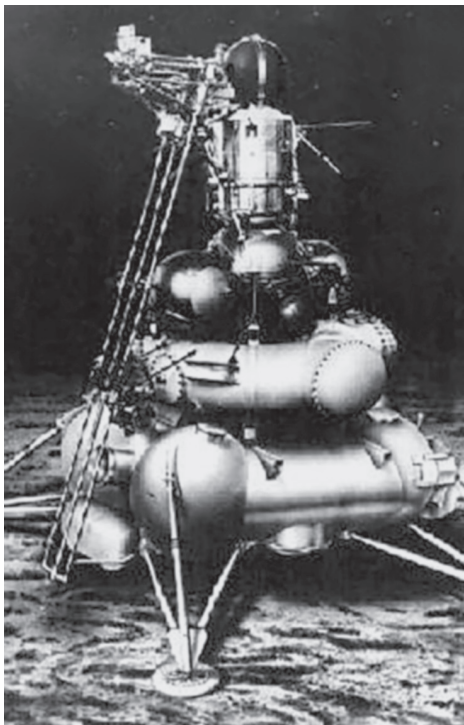
И я включаю сюда совместную экспедицию на Луну.

Почему первый полет человека на Луну должен быть предметом национального соревнования?

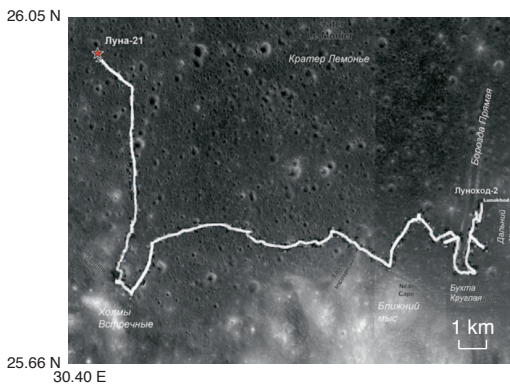
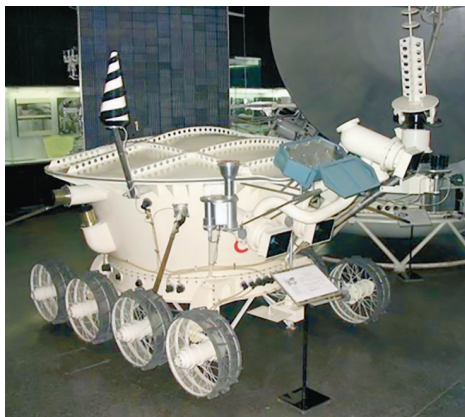
Почему США и СССР, готовясь к таким исследованиям, должны дублировать исследования, строительство и расходы?

Слева: первая в истории мягкая посадка на поверхность Луны 3 февраля 1966 г.
Справа: автограф С.П. Королева





Космические аппараты «Луна-16, -20, -24», созданные НПО им. Лавочкина под руководством главного конструктора Г.Н. Бабакина, в 1960–1970-х гг. осуществили автоматическую доставку лунного грунта



«Луноход-2» (1973 г.)
прошел около 40 км
по поверхности Луны





Президент США Дж.Ф. Кеннеди и Н.С. Хрущев во время переговоров в 1963 г.

Мы должны выяснить, не могут ли ученые и астронавты наших двух стран и всего мира работать вместе над завоеванием космоса, чтобы однажды отправить на Луну представителя не одной нации, а всех стран» (Джон Ф. Кеннеди, сентябрь 1963 г.).

За 17 лет с 1959 по 1976 г. в СССР были успешно выполнены 17 автоматических лунных проектов по программе «Луна», а также проведены испытательные беспилотные полеты аппаратов «Зонд» с целью отработки пилотируемого облета Луны. За сопоставимый период 1961–1972 гг. в США был выполнен 21 успешный лунный проект с автоматическими аппаратами и было совершено шесть пилотируемых экспедиций по программе «Аполлон» с успешными посадками экипажей на Луну.

С точки зрения научных результатов итоги этого соревнования для СССР и США были практически одинаковыми: обе страны обеспечили для себя доступ на лунную поверхность, провели исследования доставленного на Землю лунного реголита, выяснили физические условия на лунной поверхности, в окололунном космическом пространстве и в лунной экзосфере.

Образцы лунного реголита, доставленные на Землю с умеренных лунных

широт, не содержали каких-либо особых компонентов, которые бы стимулировали его дальнейшее изучение с перспективой будущего практического применения. Поэтому после «крайней» советской лунной станции «Луна-24», доставившей в 1976 г. последние порции реголита, исследования естественного спутника Земли в нашей стране не проводились вот уже около 50 лет. Аналогично ситуация развивалась и в космической программе США.

ЛУНА В XXI ВЕКЕ

Отношение к лунным исследованиям начало изменяться в 1990-е гг. Сначала в 1994 г. по данным небольшого американского автоматического аппарата NASA «Клементина» (*Clementine*) были получены первые глобальные карты поверхности Луны, подтверждено наличие гигантского ударного кратера между Южным полюсом и кратером Эйткен (область Южный полюс – Эйткен), установлено наличие в полярных областях постоянно затененных кратеров, дно которых никогда не освещается Солнцем, и где температура поверхности составляет около минус 230 градусов Цельсия, а также существование приполярных возвышенностей и высокогорий, на которых продолжительность светлого периода лунных суток составляет более 80%: лунный день длится 22 земных дня, а лунная ночь – всего шесть земных дней. Была повторно выдвинута гипотеза о наличии льдов в постоянно затененных кратерах.

Для продолжения исследований лунных полюсов в 1998 г. на полярную лунную круговую орбиту был запущен исследовательский спутник «Лунар Проспектор» (*Lunar Prospector*, NASA). На его борту был установлен нейтронный спектрометр для построения глобальной карты нейтронного излучения Луны, которое возникает вследствие бомбардировки

реголита поверхности космическими лучами, состоящими преимущественно из протонов высоких энергий. Протоны в ядерных реакциях с ядрами химических элементов производят быстрые нейтроны, которые, выходя на поверхность, и формируют такое альbedo. При этом энергетический спектр этого нейтронного альbedo сильно зависит от наличия в реголите водородсодержащих соединений, которые, замедляя нейтроны, производят нейтроны более низких энергий – тепловые и эпитепловые. Изучая распределение потоков эпитепловых нейтронов по поверхности, можно оценить содержание в грунте водорода и косвенным образом содержание воды или, с учетом тепловых условий на Луне, скорее, водяного льда. Пространственное разрешение нейтронного спектрометра на аппарате «Лунар Проспектор» не позволило однозначно сопоставить понижения потока эпитепловых нейтронов с конкретными участками на поверхности, но построенные по результатам измерений грубые карты распределения интенсивности нейтронного излучения Луны подтвердили давнюю, высказанную еще К.Э. Циолковским гипотезу о возможности присутствия водяного льда в постоянно затененных полярных областях Луны.

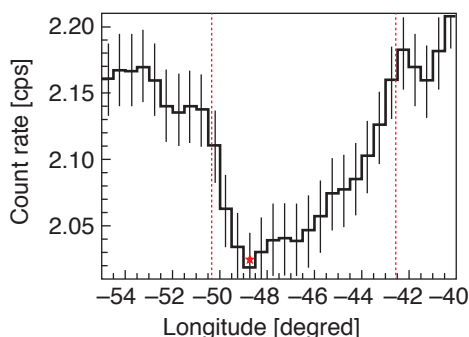
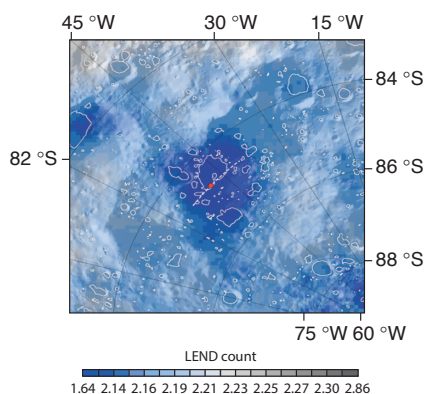
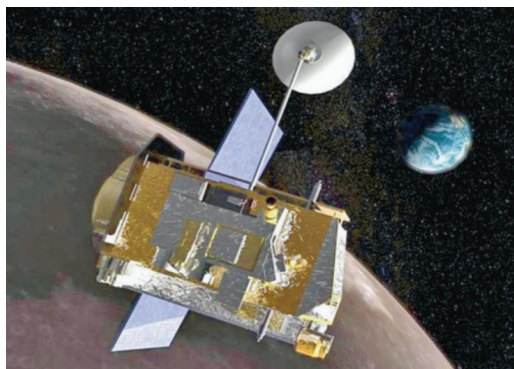
Запущенный в 2009 г. на космическом аппарате «Лунный Разведывательный Орбитер» (ЛРО или LRO, Lunar Reconnaissance Orbiter, NASA) имел на борту коллимированный нейтронный детектор ЛЕНД, созданный в ИКИ РАН, с более высоким пространственным разрешением. Данные измерений этого прибора показали, что летучие водородсодержащие соединения и, вероятнее всего, вода, присутствуют в верхнем слое полярного реголита толщиной около одного метра не только в постоянно затененных областях полярных районов Луны – в депрессиях рельефа и кратерах, но и в освещаемых Солнцем местах, го-

раздо более доступных для исследований с помощью посадочных КА.

Открытие на лунных полюсах районов «белых ночей» и районов «полярных ледников» вернуло интерес исследователей к Луне, причем интерес был связан со стратегическими задачами будущего освоения нашего естественного спутника. Лунные полюса могут быть районами, богатыми водой и другими летучими соединениями, которые были принесены туда кометами и астероидами за все время жизни Солнечной системы. Изучение их состава позволит построить модель образования Солнечной системы, изучить состав исходного протозвездного вещества, из которого образовались наше Солнце и его планеты. С другой стороны, доступная солнечная энергия и вода – это именно те природные ресурсы, которые необходимы для создания на Луне посещаемой космической инфраструктуры, для выработки ракетного топлива и подготовки межпланетных экспедиций.

В начале XXI в. наступило время, когда «лунная пауза» закончилась – космические державы осознали необходимость планомерного изучения и освоения Луны с целью обеспечения своих национальных интересов. Сформировалось представление о «новой Луне», которую предстоит изучать и осваивать в текущем столетии.

Исследования и освоение Луны – закономерный этап экспансии человечества в космос. Космические проекты, которые разворачиваются на околоземной орбите, сейчас приобрели ярко выраженный прикладной характер, их участники уже получают ощутимые практические результаты, коммерческую выгоду. Международная космическая станция ознаменовала собой закрепление присутствия человека в ближнем космосе. В дальнем космосе, в Солнечной системе и на ее объектах продвижение в космос сейчас пока носит исследовательский характер,



KA Lunar Reconnaissance Orbiter (NASA), прибор ЛЕНД (ИКИ РАН, научный руководитель д. ф.- м. н. И.Г. Митрофанов). По результатам его измерений южный лунный полярный кратер Кабеус содержит до 5% водяного льда. Фото и изображения: NASA, ИКИ РАН

но оно же закладывает фундамент для освоения в долгосрочной перспективе. Луна, как самое близкое к Земле небесное тело, является первым космическим объектом, который должен быть освоен земной цивилизацией.

ПЛАНЫ И ИХ ВЫПОЛНЕНИЕ

Временем коренного пересмотра позиций большинства стран в отношении Луны стало второе десятилетие XXI в. Пример освоения околоземного космического пространства, – что тоже в самом начале космической эры в XX в. ставилось под сомнение, – принес ощутимые практические результаты в науке, тех-

нике, международном сотрудничестве, коммерческих проектах. Накопленный опыт изучения и освоения околоземных орбит позволил странам, где активно развивается космическая отрасль, более амбициозно рассматривать вопрос о подготовке к следующему шагу, изучению и освоению Луны.

Сначала необходимость масштабных вложений, разработки спектра новых технологий и поиска применения имеющихся средств для решения задач по Луне были неясны, а экономическая целесообразность этой деятельности неочевидна. Такая ситуация довольно долго тормозила государственные

решения. За последние 10–15 лет ситуация резко изменилась – многие государства осознали, что, во-первых, наступило время решения качественно новых задач, и во-вторых, в долгосрочном плане все затраты будут оправданы. Мы видим, что в XXI в. доступ к «лунным базам», способность вести масштабную деятельность за пределами околоземных орбит рассматриваются как необходимые компоненты развития космической деятельности и экономики стран в целом.

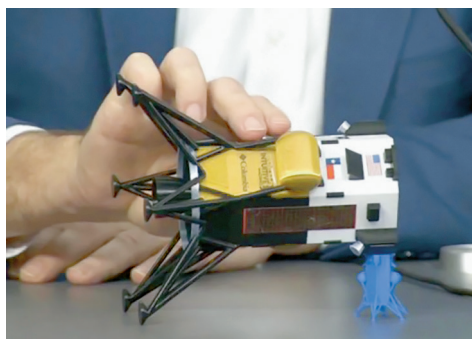
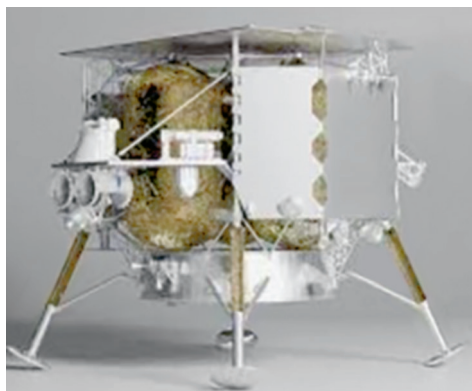
США

Быстрее всех к пониманию Луны в таком контексте подошло NASA. В результате системной работы агентства, институтов и предприятий американской промышленности за последние 10–15 лет развернуты следующие программы:

- возвращение США на Луну – американская пилотируемая программа «Артемиды» (*Artemis*);
- создание форпоста – «транзитного пункта» в окололунном пространстве – американская программа с международным участием «Гейтвэй» (*Gateway*);
- создание и запуске относительно простых демонстрационных аппаратов – программа коммерческих сервисов по доставке полезных грузов на Луну (Commercial Lunar Payload Service, CLPS) с общим числом предполагаемых запусков частных КА, исчисляемом десятками.

Сформирована организационная структура в NASA (со стороны «заказчика» и одновременно участника проектирования программ) – «под одной крышей» организована работа по всем компонентам лунной программы, что включает носители, посадочные модули, автоматические демонстрационные космические аппараты и др.

Сформированы механизмы выполнения основных, ответственных миссий,



Космические аппараты Peregrine (Astrobotic) и Nova-C (Intuitive Machines)

где NASA является заказчиком разработки, а также механизмы выполнения демонстрационных миссий с формированием в сжатые сроки многочисленных коллективов с реальным опытом работы по Луне, где NASA является заказчиком «коммерческих» услуг². Таким образом, в США решается актуальная сегодня для любой космической державы задача выполнения первых шагов в доступе на Луну. В 2024 г. состоялось два запуска по этой программе:

- компания Astrobotic в январе 2024 г. осуществила неудачную попытку запуска КА «Перегрин» (*Peregrine*);
- компания Intuitive Machines выполнила частично успешную миссию

² Контракты на услуги по доставке полезных грузов на Луну заключены с 14 американскими компаниями.

на поверхность Луны посадочного аппарата Nova-C (миссия IM-1). Аппарат опрокинулся набок, однако сохранил работоспособность. Это была первая посадка США на Луну в XXI в.

Для программы CLPS определены задачи не столько выполнения самих миссий, – риски большие, и неудачи могут быть, – сколько задачи формирования в сжатые сроки и с разумными затратами реального опыта запуска лунных миссий, инженерных коллективов и межотраслевой кооперации. Для этого NASA как заказчик разработало и ввело в действие целый ряд механизмов программного уровня:

- предоставление ракет-носителей для запуска;
- заказ в форме услуги по доставке, а не разработки;
- финансовые гарантии для компаний-разработчиков;
- рамочный свободный и бесплатный доступ ко всем наработкам и патентам NASA;

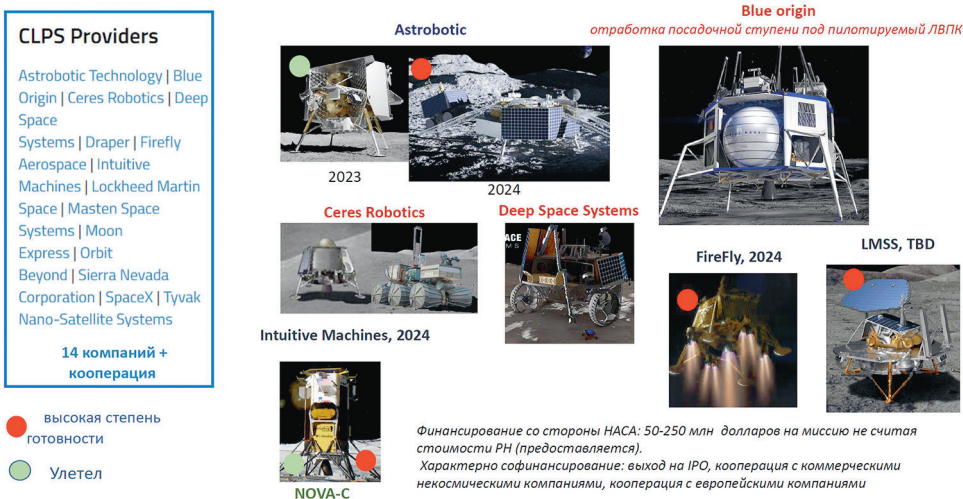
- обязательные кооперационные связи с крупными «игроками» на американском и европейском космических рынках и другие.

Можно отметить, что перечисленные «космические» возможности создаются для зарекомендовавших себя инженеров, которые способны воспринимать задачи страны в области исследования Луны как вызов лично себе.

Также интересным примером является запуск аппарата CAPSTONE для проверки околопрямолинейной гало-орбиты у Луны – стоимость разработки аппарата составила менее 15 млн долл. США, запуск был обеспечен коммерческой ракетой *Electron* и разгонным блоком малой размерности *Photon HyperCurie* компании *Rocket Lab*, которые изначально не предназначались для задач по Луне.

Выполняется проект HLS компанией *SpaceX* – проект уникальный с точки зрения задач и механизмов организации работ.

Программа «Коммерческие услуги по доставке полезных грузов на Луну»



Участники программы NASA CLPS – коммерческие услуги по доставке полезных грузов на Луну. Схема автора

Во-первых, в его рамках отрабатываются ключевые технологии: управление большими объектами при возвращении на Землю; дозаправка больших объемов компонентов ракетного топлива в космосе (до настоящего времени Россия является лидером в данной области – обеспечивает доставку топлива на МКС).

Во-вторых, в его ходе происходит прямая передача опыта. К работам активно привлекаются новые сотрудники, которые работают со специалистами таких программ, как Space Shuttle.

В-третьих, на такой «научно-исследовательской работе» отрабатываются подходы, когда предельно сокращается дистанция между чертежом и натурной отработкой.

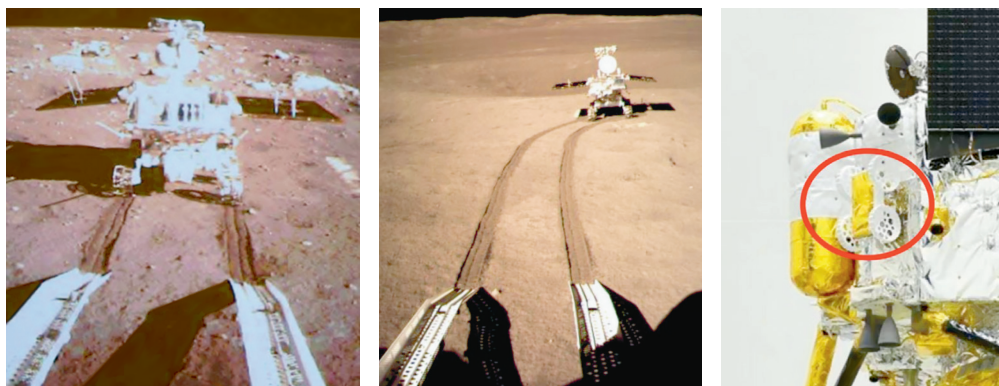
Важно отметить, что NASA приняты принципиальные решения о самостоятельном, на национальном уровне, обеспечении одного из основных принципов пилотируемых программ – резервировании основных средств. Так, на сегодняшний день NASA заказало параллельную разработку двух лунных взлетно-посадочных кораблей, обеспечивающих перемещение экипажей между окололунной орбитой и поверхностью Луны, причем на основе миссий разной архитектуры. Отсутствует резервиро-

вание транспортной системы «Земля – окололунная орбита» – потенциальная значимая роль для одного из международных партнеров.

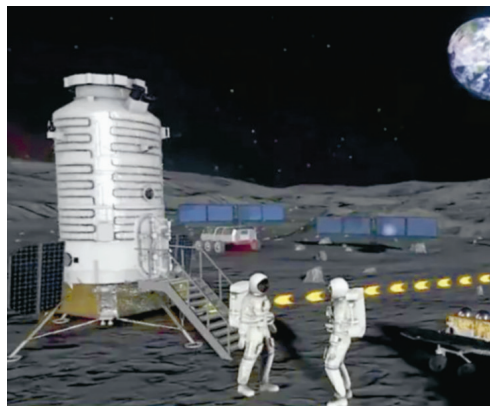
Одновременно ведется работа по формированию международной коалиции. Сегодня в альянс «Артемиде» входят 42 страны. Примерами результатов такой международной кооперации являются создание пилотируемых кораблей «Орион» (*Orion*) «напополам» с Европейским космическим агентством (ESA), а также значительные роли стран-партнеров NASA в создании окололунной платформы *Gateway*. Создание «интерфейсного» модуля платформы (был закреплен за российской стороной для обеспечения стыковки российских кораблей и модулей), ограничив его функции шлюзованием для выхода в открытый космос, обеспечивает сегодня ОАЭ³.

Уже в этом десятилетие НАСА планируется несколько пилотируемых миссий на поверхность Луны, в том числе, с участием астронавтов – представителей агентств-партнеров по «Артемиде».

³ Первоначально разработка интерфейсного модуля была закреплена за российской стороной (для дооснащения станции российским сегментом по аналогии с МКС и стыковки российских кораблей).



Робототехника на китайских лунных миссиях. Слева направо: КА «Чанъэ-3» (ровер «Юйту», 120 кг), 2013 г.; КА «Чанъэ-4» (ровер «Юйту-2», 140 кг), 2018 г.; КА «Чанъэ-6» (мини-ровер, 5 кг), 2024 г.



Слева: макет лунного взлётно-посадочного корабля (посадочная и взлетная ступени объединены в одну), справа: концепция присутствия тайконавтов на поверхности Луны

Китай

Китай, успешно и в заявленные сроки выполнив шесть успешных автоматических миссий на Луну⁴, является на сегодняшний день лидером современной лунной гонки.

Очередным уникальным достижением стала доставка 25 мая 2024 г. миссией «Чанъэ-6» впервые в мире лунного грунта с обратной стороны Луны. Мы поздравляем китайских коллег с этим значимым шагом!

В рамках миссии был выполнен отдельный запуск спутника-ретранслятора связи «Цюэцяо-2». На посадочном космическом аппарате были размещены робототехнические средства (манипулятор и буровая установки), мини-ровер, научная аппаратура, в том числе международная.

Создание МНЛС было предложено Китаем и Россией совместно, в 2021 г. был опубликован «Гид по сотрудничеству». На сегодняшний день между Россией и Китаем подписано Межправительственное соглашение по МНЛС. Всего 57 организаций из 41 страны подписа-



Концепция Международной лунной научной станции (Китай, 2024 г.)

ли документы о сотрудничестве в рамках МНЛС.

Китай до 2030 г. планирует осуществить пилотируемую миссию на поверхность Луны.

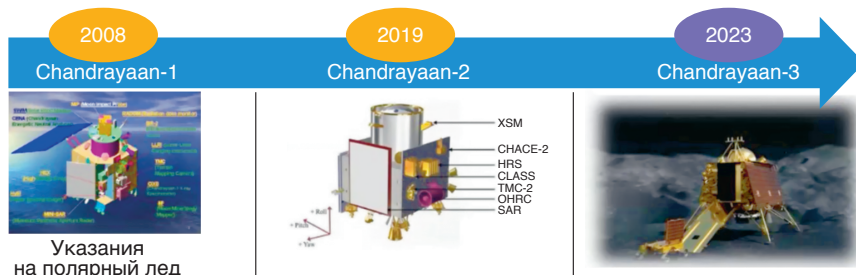
Индия

Индийская программа развивалась драматично – и на сегодняшний день успешно.

В 2008 г. состоялась успешная орбитальная миссия «Чандраян-1» (*Chandrayaan-1*) с широким составом научной, в том числе зарубежной аппаратуры. КА завершил работу в конце августа 2009 г.

В 2019 г. был выполнен запуск посадочного лунного аппарата «Чандраян-2», (*Chandrayaan-2*) который,

⁴ См. Лисов И.А. Подарок от «Лунной принцессы» // Земля и Вселенная. 2021. № 1. С. 59–73.



Индийская программа исследования Луны

к сожалению, разбился при посадке. Орбитальный аппарат продолжает успешно функционировать сегодня.

23 августа 2023 г. индийский аппарат «Чандраяан-3» (*Chandrayaan-3*) совершил успешную посадку в южной полярной области. В состав аппарата входили посадочный модуль, ровер, перелетный модуль и переходный отсек.

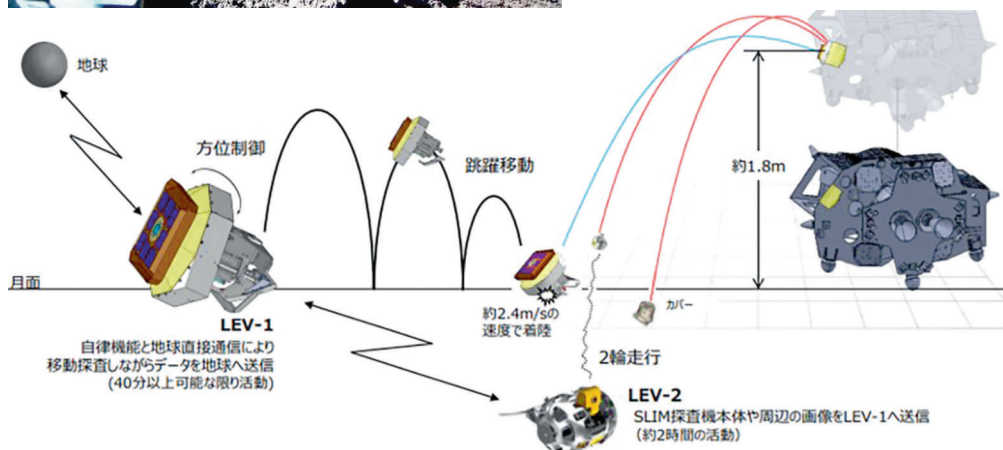
В настоящее время на фоне успеха этой миссии Индия формирует дальнейшие планы по Луне. В частности, в 2023 г. Индия присоединилась к американским соглашениям по «Артемиде».

Япония

Япония в начале 2024 г. доставила на поверхность Луны аппарат SLIM, успешно



Аппарат SLIM (JAXA) на поверхности Луны; малая робототехника в составе аппарата: «попрыгунчики» LEV-1 (2.1 кг) и LEV-2 (0.25 кг). Фото и иллюстрации JAXA



протестировав и применив системы автономной навигации. Миссия в целом оказалась курьезной – и успешной. При посадке аппарат перевернулся, но сохранил работоспособность и, что оказалось полной неожиданностью, смог пережить лунную ночь, хотя не был рассчитан на это. В составе аппарата были доставлены интересные мобильные роботы: попрыгунчик LEV1 и ровер LEV2.

Необходимо отметить развитие частной японской компании iSpace, планирующей запуск уже второй лунной миссии (первая *Nakuto-R* в 2022 г. закончилась неудачей на этапе посадки). Компания также успешно работает на рынках Европы и США.

Япония вступила в программу «Артемиды» и договорилась в том числе о предоставлении полетной возможности для японского астронавта в составе экипажа американской миссии на поверхность Луны.

Южная Корея

С декабря 2022 г. на полярной орбите 100 км успешно работает южнокорейский аппарат «Данури» (*Danuri*), исследуя состав и структуры поверхности Луны, а также выполняя поиск залежей льда в полярных кратерах Луны.

Южная Корея готовится к собственной посадочной миссии на Луну. Проект ракеты-носителя следующего поколения был разработан в том числе с целью обес-

печить доставку автоматического посадочного модуля к Луне к 2032 г.

Турция

Объявлены планы выполнения двух лунных миссий до 2030 г. – ударного зонда и посадочного аппарата. Уже сформирован состав научной аппаратуры, ведется отработка основных систем лунных КА с запусками на легких ракетах-носителях с территории Турции. Запуск лунных миссий планируется с использованием РН *Falcon* (компания *SpaceX*, США).

Израиль

Первая лунная миссия Израиля была запущена в 2019 г. Аппарат *Beresheet* выполнил перелет к Луне, но разбился при выполнении посадки на поверхность Луны.

Аппарат был создан израильской некоммерческой организацией *SpaceIL*, запущен на РН *Falcon* (повторный запуск РН, компания *SpaceX*, США) в связке с двумя другими аппаратами не лунного назначения.

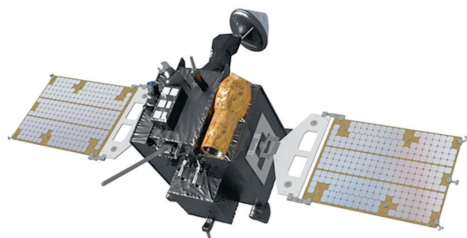
В настоящее время ведется работа по проекту *Beresheet-2*. Для второй миссии планируется одновременный запуск орбитального и двух посадочных аппаратов – с выполнением посадок на видимой и обратной сторонах Луны.

РЕЗЮМЕ

Итак, сегодня все большее число стран ставят перед собой задачи выполнения лунных миссий самостоятельно или в рамках формируемых международных коалиций. Выполненные миссии, даже частично успешные, демонстрируют реализуемость таких планов даже для сравнительно новых стран-участниц «космического клуба».

В этом смысле для таких стран как Россия, США и Китай очевидной возможностью и задачей является создание и предоставление партнерам

КА *Danuri*, Южная Корея



по международной кооперации технических «сервисов» для формирования и выполнения совместных с партнерами лунных миссий и на основе баланса вкладов. Речь, прежде всего, идет о следующем:

- транспортные системы: выведение на околоземную орбиту, сближение и стыковка на околоземной орбите (для двухпусковой схемы запуска к Луне – на основе технологий РС МКС), выведение полезной нагрузки на траекторию перелета к Луне, перелет к Луне и вывод на заданную орбиту у Луны и, наконец, посадка в заданный район поверхности Луны;

- координатно-временное и связанное обеспечение: предоставление существующей наземной инфраструктуры для зарубежных миссий, создание окололунных группировок ретрансляции сигнала связи и навигации (создание таких систем ведут ЕС, Китай, США);

- типовые платформы КА: для простой и быстрой постановки «на борт» вновь создаваемой научной аппаратуры различных стран, увеличения темпов и общего числа запусков;

- возможности выполнения научных исследований на Земле – наземного научного комплекса: предоставления возможности участия, выполнения совместных и/или собственных исследований для различных стран партнеров;

- и другие возможности по использованию национальной космической инфраструктуры в международных программах по аналогии с опытом «Интеркосмоса», станции «МИР» и сегодня РС МКС.

ПЕРВЫЕ ШАГИ НОВОЙ РОССИЙСКОЙ ЛУННОЙ ПРОГРАММЫ

В декабре 2010 г. российскими учеными была предложена новая программа

исследования именно полярной Луны. Основой для нового подхода⁵ стали уже упомянутые данные российского нейтронного телескопа ЛЕНД. Хотя и до этой миссии были косвенные данные о наличии воды в грунте Луны, полученные благодаря первой индийской лунной миссии *Chandrayaan-1*, но более-менее подробную карту распределения водяного льда получили именно российские специалисты. Было показано, что вода есть не только в «холодных ловушках» – постоянно затененных местах внутри полярных кратеров (что, в принципе, ожидаемо), но и за их пределами – а это уже оказалось неожиданно и существенно изменило саму парадигму понимания того, как следует осваивать Луну.

Новый подход – изучение полярной Луны получил поддержку руководства страны. Сценарий первого этапа новой российской лунной программы был определен в 2011–2012 гг. в результате большой совместной работы научных организаций и ракетно-космической промышленности.

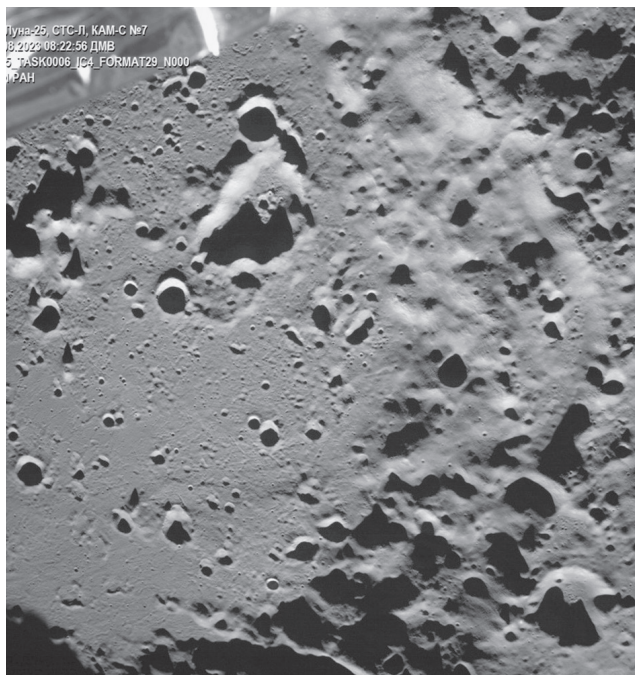
Тогда же пришло понимание, что, начав с изучения Луны, можно задуматься и о ее будущем освоении, – и ключевую роль тут будет играть именно наличие водяного льда. От академического изучения строения Луны в интересах, как говорят, фундаментальной науки, перешли к разработке планов практического изучения на основе научно-технических миссий, формирования задела для более масштабных автоматических и пилотируемых миссий.

Как показывает анализ планов различных стран, предложенная концепция последовательных шагов исследования полярной Луны с использованием на первом этапе автоматических

⁵ Несколько ранее глубоко прорабатывались вопросы исследования Луны пенетраторами, но, к сожалению, эта идея столкнулась с нерешаемыми техническими сложностями.

аппаратов остается актуальной в общемировом масштабе и сегодня.

Для российской программы ставятся задачи вернуться на Луну, исследовать перспективные околополярные районы на предмет наличия льда и других ресурсов, занять удобное место для размещения собственной инфраструктуры и интеграции со средствами международных партнеров в рамках совместных проектов и программ. Для пилотируемой программы – создать и продемонстрировать функционирование транспортной системы для доставки экипажей на окололунную орбиту – первый и значимый шаг интеграции в будущую международную программу пилотируемых лунных миссий.



Снимок аппаратурой СТС-Л космического аппарата «Луна-25» района кратера Зеeman на обратной стороне Луны, полученный 17 августа 2023 г. в 08:22:56 дмв во время полета по орбите искусственного спутника Луны.
Фото: ИКИ РАН

«Луна-25»

Старт российской лунной программы оказался тяжелым. Космический аппарат «Луна-25» был успешно выведен в космос с российского гражданского космодрома «Восточный» 11 августа 2023 г. С использованием разгонного блока «Фрегат» был выполнен переход с околоземной орбиты на траекторию перелета к Луне, перелет к Луне и выход на окололунную орбиту. На перелете были выполнены проверки служебных систем аппарата, включения приборов комплекса научной аппаратуры. К сожалению, из-за ошибки при выполнении тормозного импульса на снижение аппарат вышел на нештатную траекторию и был потерян.

За период перелета к Луне и орбитального полета аппарата были выпол-

нены отработка служебной аппаратуры и комплекса научной аппаратуры, включая вопросы управления, передачи телеметрии и сброса научной информации, отработан баллистический сценарий перелета и выхода на орбиту искусственного спутника Луны⁶. Было получено подтверждение правильности технических решений, получены данные кратких научных измерений некоторыми приборами, проведено разовое фотографирование Луны, но самое главное был получен ценный опыт – «и опыт, сын ошибок трудных...», который позволяет продолжить начатое дело.

Миссия «Луна-25», к сожалению, не вошла в общемировую статистику –

⁶ См. Миссия «Луна-25». От старта и до завершения // Земля и Вселенная. 2023. № 4. С. 5–8.

неуспешные попытки посадить на Луну свои первые аппараты были у Индии, Израиля, Японии, США. Однако, несмотря на первую неудачу, устойчивость российской лунной программы была обеспечена, работы по следующим миссиям продолжаются.

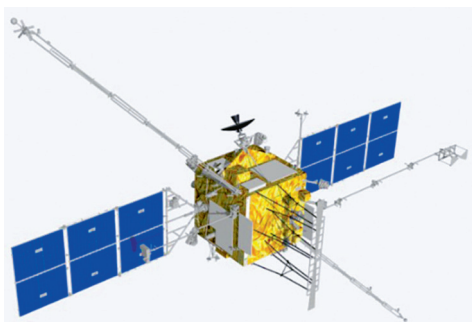
«Луна-26»

Лунная миссия с запуском орбитального космического аппарата для дистанционных исследований поверхности Луны с орбиты ее искусственного спутника.

Миссия «Луна-26» – вторая миссия новой российской лунной программы после «Луны-25». Она нацелена на комплексное исследование нашего спутника с орбиты: его рельефа, состава поверхности, внутренней структуры, а также плазменного окружения Луны. Составленная с помощью обработки стереоизображений и анализа освещенности универсальная карта всей Луны будет иметь разрешение 2–6 м. Результаты картографирования лунной поверхности будут использоваться в будущих лунных миссиях, в том числе для автономной навигации посадочных аппаратов на ключевых стадиях полета – снижении и посадке⁷.

⁷ Подробно научные задачи миссии приведены на сайте ИКИ РАН <https://iki.cosmos.ru/research/missions/luna-26>

КА «Луна-26». Иллюстрация:
АО «НПО им. Лавочкина»



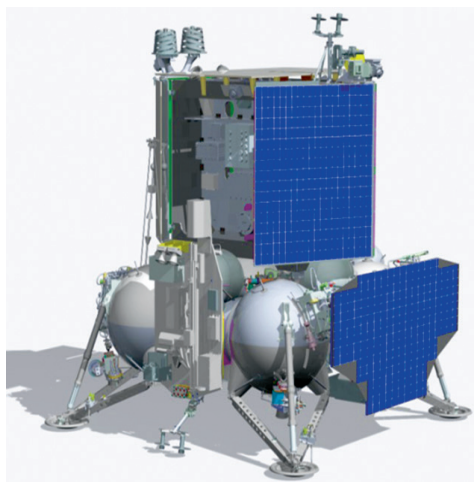
Другая важная задача миссии – ретрансляция данных на/с посадочного аппарата следующей миссии с посадочным космическим аппаратом «Луна-27», запуск которого планируется на 2028 г. Глобальные измерения с орбиты также будут использоваться для сравнения с локальными данными, полученными в ходе работы «Луны-27». Таким образом, будет начато развитие российской инфраструктуры связи у Луны.

«Луна-27»

Лунная миссия с посадочным аппаратом будет исследовать в районе Южного полюса Луны лунную пылевую и плазменную экзосферу около поверхности, структуру и состав и свойства реголита поверхности, в том числе с использованием криогенного бурения до глубины 1 метра, взятия образцов реголита с разной глубины и их изучения аналитическим прибором на борту.

В состав комплекс научной аппаратуры включены преимущественно приборы, которые ранее были разработаны для аппарата «Луна-25», но прошедшие существенную переработку для обеспечения импортозамещения: прибор для прямого анализа грунта, активный нейтронный спектрометр, инфракрасный спектрометр, приборы для изучения лунной пыли и плазмы, телевизионная система. Но для развития технологий и освоения новых научных направлений в составе комплекса научной аппаратуры есть также и новые приборы, нацеленные на проведение научных космических экспериментов по прямому изучению тепловых свойств реголита на глубине до 1 м и на изучение электрических свойств лунного грунта методом регистрации его собственного радиоизлучения⁸.

⁸ Подробно научные задачи миссии приведены на сайте ИКИ РАН <https://iki.cosmos.ru/research/missions/luna-27>



КА «Луна-27». Иллюстрация:
АО «НПО им. Лавочкина»

Ожидается, что к моменту прибытия «Луны-27» на Южный полюс Луны там уже будет находиться большая группа аппаратов из разных стран. Китай планирует отправить станцию для взятия и доставки грунта, США – запустит «коммерческие» миссии с разнообразными задачами (также рассматривается возможность пилотируемой миссии в рамках программы «Артемида»). Индия уже осуществила посадку на Южный полюс и планирует новые миссии.

Возникают закономерные вопросы, надо ли «вставать в очередь?» и «что дают?». На Южном полюсе Луны интересных для исследования областей, удовлетворяющих в целом требованиям ученых, больше, но и на Северном

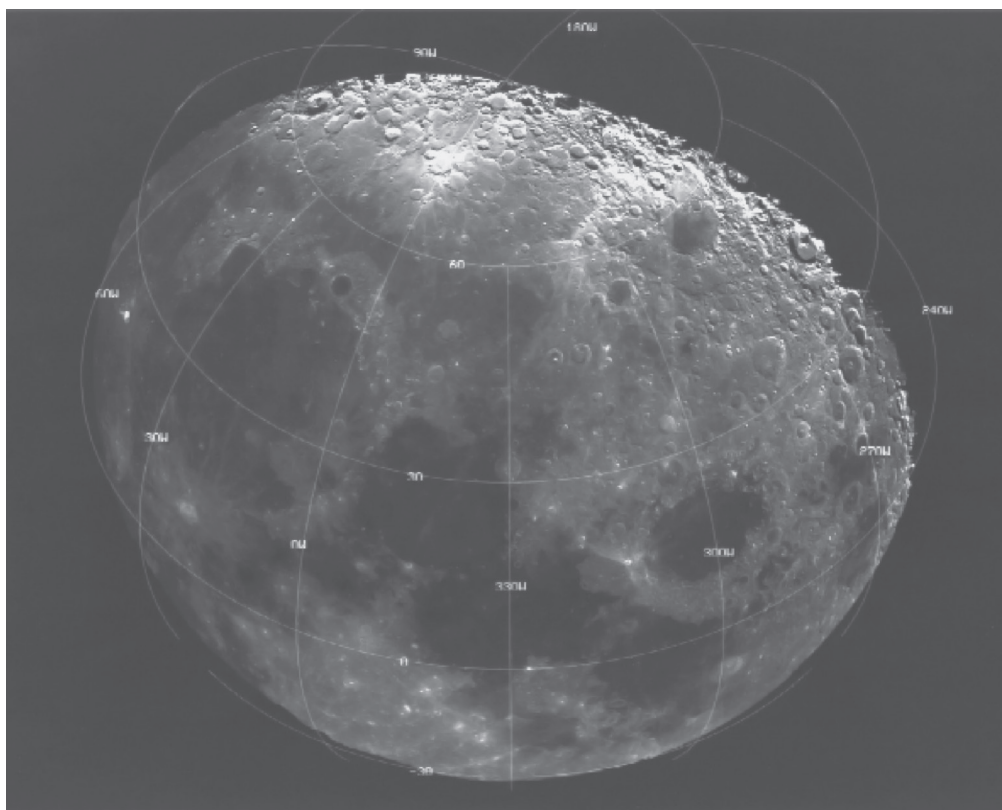
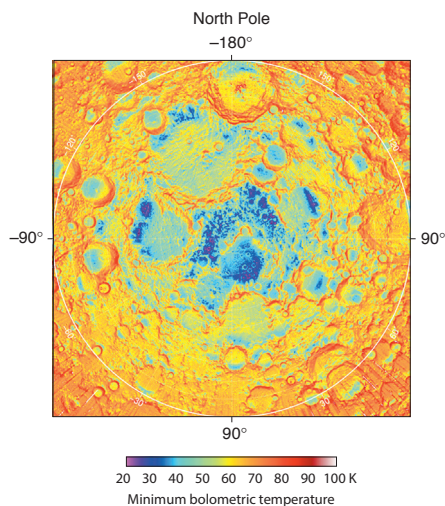


Фото Северного полюса Луны, полученное зондом Galileo (NASA) во время полета к Юпитеру.
Изображение: The Galileo Project, JPL and NASA



Распределение минимальных температур у Северного полюса Луны по данным прибора DIVINER. Изображения: NASA/GSFC/UCLA

они есть – здесь важно не их количество, а для изучения нужен «не весь полюс», а какой-то один конкретный район (участок).

Северный полюс Луны, по данным измерений прибора DIVINER (LRO, NASA), холоднейшее место в Солнечной системе. Температура в самых холодных кратерах у Северного полюса Луны опускается до минус 238–249 градусов Цельсия (26–35 градусов Кельвина). Согласно подсчетам, отыскать настолько же холодный объект можно только за поясом Койпера – существенно дальше, чем располагается орбита Нептуна.

С учетом всех обстоятельств приоритетным сценарием, если мы имеем в виду также обеспечение приемлемой надежности, резервирования и решение широкого круга научных задач, является одновременное создание и последовательный запуск двух аппаратов «Луна-27А» и «Луны-27Б» с выполнением первой миссии на Северный полюс Луны, а второй – на Южный.

СРЕДСТВА ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО ОСВОЕНИЯ ЛУНЫ

Возможности развития программ и планов по Луне базово ограничены возможностями средств «транспортной системы», которая, помимо наземной составляющей, включает в себя средства выведения (ракеты-носители, РН) и средства межорбитальной транспортировки (большие разгонные блоки, РБ, и необходимые для части миссий «менее габаритные» средства перелета и «торможения» у Луны), а также средства возвращения на Землю.

Сегодня Россия располагает в том числе РН типа «Союз-2» и «Ангара-А5», которые в связке с разгонными блоками обеспечивают выведение с околоземной орбиты на траекторию перелета к Луне запланированных автоматических аппаратов массой несколько тонн. Когда речь пойдет о создании средств астрономических наблюдений с Луны, не говоря уже о пилотируемых миссиях, такая грузоподъемность будет недостаточна.

В решении вопроса о доступных для лунной программы «квантах грузов» есть три пути, которые могут дополнять друг друга.

Первый – увеличить «квант груза» на траектории перелета к Луне до 10 и более тонн можно, используя двухпусковую схему с промежуточной стыковкой на околоземной орбите разгонного блока (РБ) и лунной полезной нагрузки. Далее РБ обеспечивает выведение полезной нагрузки с околоземной орбиты на траекторию к Луне.

Особенностями такой схемы является использование существующих ракет и разгонных блоков (последние требуют небольшой, по меркам лунной программы, доработки для обеспечения автономного полета и стыковки). Также «заимствуется» в полном объеме российский опыт и технологии быстрой

стыковки на околоземной орбите, которые были созданы, отработаны и используются сегодня для транспортных кораблей в рамках программы МКС.

Помимо увеличения доступной размерности автоматических миссий, такая схема также позволит создать «полусверхтяжелый» посадочный аппарат, а также выполнить первые шаги в пилотируемой программе – облететь Луну, продемонстрировать функционирование российской транспортной системы «Земля – окололунная орбита», что уже станет достойным вкладом в любую международную пилотируемую программу.

Дальнейшие миссии экипажей на поверхность Луны потребуют следующего шага – создания РН сверхтяжелого класса с грузоподъемностью на околоземной орбите 70 т (тогда миссии на Луну обеспечиваются по двухпусковой схеме) или 130–140 т (в этом случае миссии возможны с запуском одной ракеты, по аналогии с программой «Аполлон»).

Третий путь может быть связан с использованием околоземной станции как «транзитного узла» для лунных миссий – что возможно в отдаленной перспективе. Существенным ограничением является сложность в данном случае баллистических сценариев перелета «Земля–Луна» и требования к наличию развитой посещаемой инфраструктуры у Луны и на ее поверхности.

На первых этапах лунной программы задача достигнуть поверхности Луны решается все более умными автоматическими аппаратами, в то время как для пилотируемых систем в этот период задачи ограничены отработкой средств доступа на орбиту Луны и, возможно, выполнением демонстрационных миссий, близких по смыслу к повторению «Аполлона», но уже в других, более интересных полярных районах. Более длительные (дольше 10 суток) и/или регулярные миссии требуют соз-

дания «небольшой» окололунной транзитной станции⁹ (прототип – модули МКС), с которой транспортные корабли будут находиться в связке, без расхода ресурсов автономного полета, по аналогии с тем, как это сегодня происходит на МКС – с длительностью экспедиций до полугода и более.

Здесь важно осознать значение лунной робототехники и обеспечить ее последовательное развитие: с малоразмерных роверов и их по возможности частыми запусками к созданию, в более отдаленной перспективе, за 10–20 лет и на основе реального опыта эксплуатации, более автономных научных и сервисных робототехнических средств.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ситуация в общемировом лунном соревновании стремительно меняется – от «бумаги» к реальным запускам, формированию международных коалиций и потенциальных прав на приоритетные районы.

Сформированная последовательная российская научная программа изучения Луны остается актуальной в обозримой перспективе 5–7 лет. Однако, необходимо признать, что Россия заметно отстает от стран «космического клуба» именно в реализации своей лунной программы.

Российская лунная программа требует решений: ресурсов, снижения административных издержек и, самое главное, большего числа миссий – основных, а также дополнительных – демонстрационных с использованием КА малой размерности.

Главное в современной ситуации не повторить ошибку советского вре-

⁹ Зарубин Д.С., Севастьянов Н.Н., Микрин Е.А., Беглов Р.И., Макушенко Ю.Н. Облик сегмента окололунной платформы для поддержки и обеспечения экспедиций на поверхность Луны, IAC2019.

мени и не отказаться по причине отдельных сложностей от долгосрочной задачи освоения Луны. Повторим, для ведущих государств речь сегодня идет не об абсолютном лидерстве в лунной гонке, а о достойном участии в международной лунной программе. Для России – о роли и возможностях, сопоставимыми с позициями в программе МКС.

Если отечественная научная программа и технологические эксперименты дадут яркие и важные результаты, космическая медицина обеспечит сохранение здоровья космонавтов, а космическая техника – их безопасную работу на орбите около Луны и на ее поверхности и обязательно – возврат на Землю, – главная задача по Луне на ближайшие 10–15 лет будет решена, в том числе будет обеспечено необходимое участие в международной лунной программе.

В период 2026–2036 гг. исследования Луны и подготовка к её освоению будут реализовываться автоматическими космическими средствами. Для пилотируемых миссий следует принять «презумпцию» необходимости пилотируемой программы, но при этом отказаться от режима «пилотируемый полет скорее и любой ценой». Первым шагом на пути к освоению Россией Луны является выполнение автоматических миссий, наработка опыта полетов к Луне и на Луну и отработка технологий создания и эксплуатации космических средств, доступ российской инфраструктуры в приоритетные районы, формирование международной кооперации. Вторым шагом – доступ человека в окололунное пространство – облет Луны на имеющихся к тому времени отработанных и надежных средствах, демонстрация транспортной системы «Земля – орбита Луны». Третьим – устойчивый, надежный и, главное, безопасный доступ российских космонавтов в приоритетные районы Луны.

Самостоятельной задачей является формирование и развитие российской международной кооперации по Луне, сохранение характерной для России роли основного партнера в космических программах.

Нужно отметить работу Госкорпорации «Роскосмос» по линии Международной научной лунной станции, хотя многие вопросы по МНЛС и участию в этой программе остаются открытыми. Важно подчеркнуть возможности программы МКС для будущего освоения космоса – эти вопросы были в 2010–2020 гг. проработаны агентствами-участниками МКС совместно, при ведущей роли российской стороны, в формате межагентских групп.

Лунная программа сегодня требует организации работ в соответствии с реалиями XXI века: Луна – самостоятельное направление космической деятельности, вопрос престижа страны и места в мировой космонавтике; Луна – «седьмой континент Земли».

Авторы благодарят за помощь в подготовке статьи И.Г. Митрофанова, В.И. Третьякова, О.В. Закутнюю и Ю.Н. Макушенко.

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ХВОСТА МАГНИТОСФЕРЫ ЗЕМЛИ И ПЕРЕНОС ЛУННОЙ ПЫЛИ



ЗЕЛЁНЫЙ Лев Матвеевич,
*академик РАН,
заместитель председателя Совета по космосу РАН*

ГОЛУБЬ Анатолий Петрович,
кандидат физико-математических наук

МОРОЗОВА Татьяна Игоревна,
кандидат физико-математических наук

ПОПЕЛЬ Сергей Игоревич,
*доктор физико-математических наук, профессор
Институт космических исследований РАН*



DOI: 10.7868/50044394824040029

Луна не имеет собственного магнитного поля, однако она проводит четверть своей орбиты в хвосте магнитосферы Земли, где на лунную экзосферу воздействуют магнитные поля. Как оказалось, магнитные поля хвоста магнитосферы Земли могут определять динамику заряженной пыли и ее распределение по широтам

над освещенной поверхностью естественного спутника Земли. В результате дробления лунных пород метеорными телами за достаточно долгое время вещество поверхности Луны измельчалось и образовался слой мелко-дисперсной пыли толщиной в несколько сантиметров. Как правило, именно этот слой раздробленной породы имеют

в виду, когда говорят о лунном реголите. Данная пыль может заряжаться, причем процессы, приводящие к зарядке пылевых частиц, отличаются в дневное и ночное время.

Освещенная сторона Луны находится под воздействием солнечного излучения и плазмы солнечного ветра. Таким образом, на зарядку пылевых частиц оказывают влияние электроны и ионы солнечного ветра. Кроме того, под влиянием солнечного излучения происходит фотоэффект, в результате которого с поверхности пылевых частиц выбиваются фотоэлектроны, и пылинки по совокупности процессов заряжаются в основном положительно. Получается, что и поверхность Луны, которую покрывают частицы разного размера, заряжается положительно, мелкая пыль заряжается положительно, и в результате действия сил электростатического отталкивания пыль подсакивает вверх и левитирует после установления баланса между электростатическими и гравитационными силами над поверхностью естественного спутника Земли (Popel S.I. et al., 2018; Зелёный Л.М. и др., 2024). В итоге образуется слой пылевой плазмы над поверхностью Луны, высота которого имеет порядок метра. Данный слой, популярное описание которого приведено в более ранней статье журнала «Земля и Вселенная» (Морозова Т.И., 2023), очень интересен для изучения в контексте посадочных лунных миссий, так как пылевая плазма, составной частью которой являются левитирующие пылинки, будет изучаться в рамках будущей российской космической миссии «Луна-27».

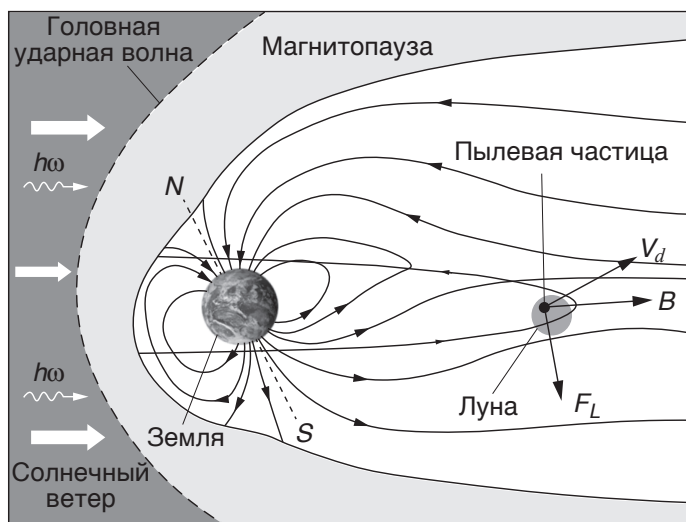
В отличие от освещенной стороны Луны, на ее темной стороне пылинки в основном приобретают отрицательные заряды за счет воздействия на них электронов солнечного ветра. Стоит отметить, что в тени лунных кратеров даже на освещенной стороне Луны пыль также может заряжаться отрицательно.

На лунном терминаторе (границе света и тени) могут возникать более сильные электрические поля, что приводит к подъему более тяжелых пылевых частиц размером порядка микрометра, которые рассеивают свет. В остальных местах левитирующие частицы имеют размеры, много меньшие длины волны видимого света, и поэтому они не наблюдаются оптически.

Если считать, что Луна – круглый гладкий шар, а также пренебречь влиянием магнитных полей на динамику заряженной пыли, то можно получить зависимость высоты подъема пыли от широты. В такой модели пыль может подниматься только над территориями, прилегающими к полярным областям, с широтами более $\theta_0 \approx 76^\circ$. Это происходит потому, что на меньших широтах поток солнечного излучения настолько интенсивный, что возникающее количество фотоэлектронов оказывается значительным (Popel S.I. et al., 2022). Фотоэлектроны, поглощаясь поверхностями пылевых частиц, препятствуют достижению ими больших положительных зарядов (достаточных для преобладания электростатической силы над гравитационной) и, следовательно, подъему пыли.

Учет магнитного поля хвоста магнитосферы Земли в корне меняет ситуацию (Popel S.I. et al., 2022). Примерно четверть своей орбиты Луна проводит в хвосте магнитосферы Земли. Если не учитывать наклон оси и наклонение орбиты к плоскости эклиптики как для Земли, так и для Луны, то примерно на одной восьмой части лунной орбиты магнитная часть силы Лоренца, действующая на положительно заряженную пылевую частицу, имеет составляющую, направленную вдоль поверхности Луны в сторону ее Южного полюса.

После этого магнитное поле и магнитная часть силы Лоренца меняют свое направление на противоположное. Движение положительно заряженной пылевой



Схематическое изображение движения Луны в хвосте магнитосферы Земли. Лунная орбита показана тонкой линией; стрелки на лунной орбите показывают направление движения Луны. Также изображены солнечный ветер и фотоны солнечного излучения ($h\omega$). V_d – вектор скорости пылинки (которая по модулю примерно равна скорости движения Луны вдоль ее орбиты), B – вектор магнитного поля, F_L – магнитная часть силы Лоренца

частицы происходит над освещенной Солнцем частью Луны, и возможен ее выход из области $\theta > \theta_0$. Здесь θ – лунная широта, которая примерно равна углу между местной нормалью и направлением на Солнце. Если положительно заряженная пылевая частица после попадания в хвост магнитосферы Земли достигает Южного полюса Луны (за время, за которое Луна проходит одну восьмую часть своей орбиты) и, соответственно, перемещается на неосвещенную сторону Луны, она падает. Если не достигает, то после того, как Луна пройдет одну восьмую своей орбиты, магнитная часть силы Лоренца станет действовать в противоположном направлении, и пылевая частица также изменит направление своего движения.

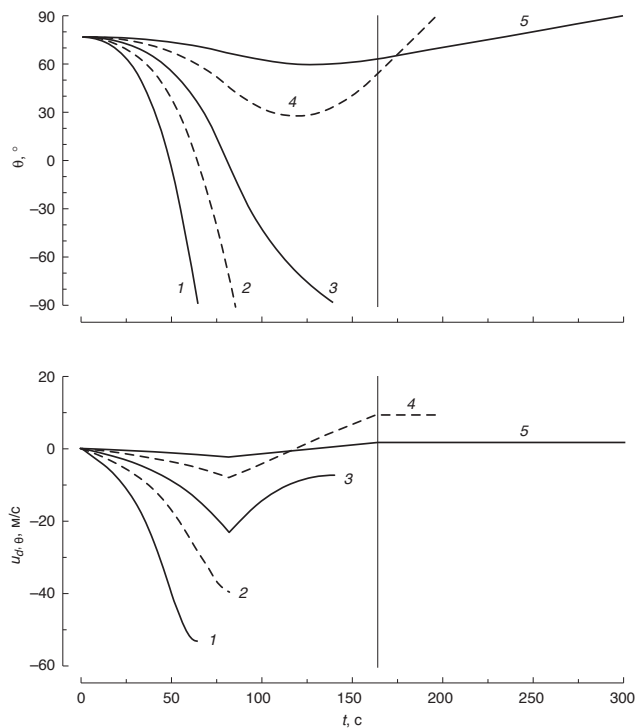
В направлении, перпендикулярном поверхности Луны, силы, действующие на пылевую частицу, представляют собой сумму вертикальной проекции магнитной части силы Лоренца, а также электро-

статической и гравитационной сил. Все силы, кроме магнитной части силы Лоренца, компенсируют друг друга.

Поскольку магнитная часть силы Лоренца в вертикальном направлении много меньше, чем электростатическая сила или сила гравитации, то при рассмотрении вертикальных перемещений влиянием магнитных полей можно пренебречь. В горизонтальном направлении пылевая частица подвергается действию нескомпенсированной горизонтальной проекции магнитной части силы Лоренца, что приводит к переносу пыли по широте, который описывается уравнением:

$$R_M \frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{Z_d e V_d B}{c} \cos\theta, \quad (1)$$

где R_M – радиус Луны (англ. Moon), $V_d \approx 1$ км/с – модуль скорости пылинки (примерно равный скорости движения Луны вдоль ее орбиты), Z_d – зарядовое



Показана временная зависимость координаты пылевой частицы (широты θ) и горизонтальной составляющей ее скорости u_d при движении в хвосте магнитосферы Земли для пяти различных размеров пыли: 0.03, 0.04, 0.05, 0.07, 0.1 мкм (соответственно, кривые 1–5). Вертикальная прямая характеризует время выхода Луны из хвоста магнитосферы Земли (Popel S.I. et al., 2022)

число пылевой частицы ($q_d = Z_d e -$ ее заряд), e – элементарный заряд, B – модуль магнитного поля.

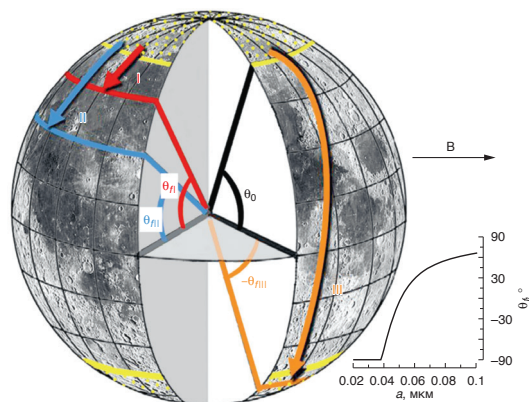
Численные расчеты позволяют показать эволюцию частиц, т. е. получить зависимость широты расположения частицы и ее скорости от времени.

Начало эволюции соответствует широтному положению пылинки $\theta = 77^\circ$ и нулевой начальной горизонтальной скорости. Из уравнения (1) следует, что в результате воздействия силы Лоренца при движении пылевой частицы лунная широта, на которой она находится, уменьшается. Воздействие магнитных полей хвоста магнитосферы Земли на лунную пыль создает возможным перенос частиц заряженной пыли, левитирующих над поверхностью земного спутника на большие расстояния. Зависимость расстояния (в величинах широты θ), на которое могут перемещаться электростатически подскокившие пылевые частицы вдоль поверхности Луны, от времени показы-

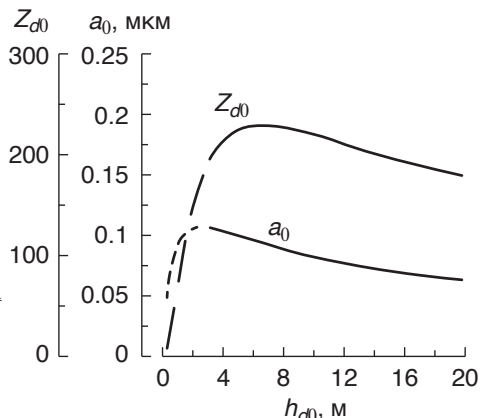
вает, что для разных размеров этих частиц пылевая плазма над освещенной Солнцем поверхностью Луны может существовать для всего диапазона лунных широт (от -90° до 90°). Перенос пылевых частиц из приполярных областей ($|\theta| > 76^\circ$) к экватору Луны за счет нескомпенсированной магнитной части силы Лоренца является новым качественным эффектом, не существующим в отсутствие магнитного поля.

До каких же широт θ_f могут добраться пылинки с разными размерами во время ее движения Луны в хвосте магнитосферы Земли?

Несмотря на то, что электростатический механизм подъема пыли над поверхностью Луны в основном работает для широт $\theta > 76^\circ$, описанный здесь механизм переноса пыли в результате влияния магнитных полей хвоста магнитосферы Земли из полярных областей по направлению к экватору, приводит к тому, что в результате пыль над освещенной



Конечная широта θ_f , достигаемая пылевой частицей во время ее движения с Северного полюса Луны на юг в результате воздействия нескомпенсированной горизонтальной проекции магнитной части силы Лоренца. На основной части рисунка представлены три значения конечной широты θ_{fI} , θ_{fII} , θ_{fIII} , характеризующие движение пылевой частицы соответственно большего, среднего и меньшего размеров. Стрелки I, II, III – траектории указанных частиц. Отмечено значение широты θ_0 , характеризующее области, прилегающие к лунным полюсам, в которых в предположении, что Луна – круглый гладкий шар, выполнено условие электростатического подъема пыли. Пыль (желтые точки) показана внутри этих областей. Границы областей представлены желтыми линиями. Указано направление магнитного поля $\mathbf{B}$. Вкладка в правом нижнем углу характеризует конечную широту θ_f в зависимости от радиуса пылевой частицы a (Popel S.I. et al., 2022)



Пример зависимости размера a_0 и зарядового числа Z_{d0} пылевых частиц в равновесном вертикальном положении, характеризуемом высотой h_{d0} , от этой высоты на экваторе. Сплошная кривая соответствует устойчивому равновесию, а пунктирная – неустойчивому

рядка 100 нм присутствует на высоте над поверхностью Луны, меньшей 4 м, то она находится в состоянии неустойчивого равновесия, т. е. любое незначительное возмущение приведет к падению частицы на поверхность Луны. Тогда как на больших высотах такая пылевая частица может существовать в течение всего лунного дня.

Как только заканчивается лунный день и на поверхность Луны опускается тень, ситуация кардинально меняется за доли секунды: происходит разрядка частиц, нарушается баланс между силами. Над темной стороной Луны заряды пылевых частиц становятся отрицательными за счет того, что основным эффектом, приводящим к зарядке пылевых частиц, является поглощение электронов солнечного ветра на поверхностях пылевых частиц.

Таким образом, благодаря влиянию магнитных полей хвоста магнитосферы Земли оказывается возможным существование положительно заряженных

областью Луны может присутствовать на определенных высотах над ее поверхностью на самых разных широтах. Например, присутствовать в положении равновесия над экватором.

Таким образом, если достаточно крупная (с точки зрения возможности подъема за счет электростатического механизма) пылевая частица с размером по-

пылевых частиц над освещенной частью Луны для всего диапазона лунных широт, а не только для приполярных областей, где заряженная лунная пыль подскакивает за счет сил электростатического отталкивания (так как только в этих областях ее подскоку не препятствуют выбитые фотоэффектом электроны). Пыль как бы сметается действием магнитного поля из полярных областей в другие области над поверхностью Луны.

Отметим, что представленный здесь механизм переноса пыли не учитывает влияния профиля поверхности Луны, которое может дать дополнительные аргументы в пользу возможности существования пылевой плазмы над всей поверхностью Луны.

Учет магнитной части силы Лоренца позволяет самосогласованно объяснить присутствие пылевой плазмы на всех широтах, тогда как в рамках теории, не учитывающей ее, гарантированно пылевая плазма над Луной появляется только в приполярных широтах.

Таким образом, учет эффектов магнитного поля позволяет считать, что при посадке космического аппарата фактически в любом месте на Луне можно ожидать воздействия лунной пыли как на космонавтов, так и на технические устройства. Лунная пыль чрезвычайно абразивна, проявляет очень высокую токсичность, является канцерогеном и мутагеном. Длительный контакт с ней может вызвать у космонавта раковые опухоли. Проникая же в клетки, пыль с Луны провоцирует изменения в ДНК. Дальнейшие исследования связаны с более детальным изучением рассмотренного в данной работе эффекта над освещенной частью Луны, а также с рассмотрением эффекта магнитной части силы Лоренца в области терминатора и над темной частью лунной поверхности.



Пыль «путешествует» над поверхностью Луны. Иллюстрация Т.И. Морозовой



Магнитное поле «сметает» заряженные пылевые частицы с полярных областей. Иллюстрация Т.И. Морозовой

Литература

1. Popel S.I., Zelenyi L.M., Golub' A.P., Dubinskii A. Yu. Lunar Dust and Dusty Plasmas: Recent Developments, Advances, and Unsolved Problems // *Planetary and Space Science*. 2018. V. 156. P. 71–84.
2. Зелёный Л.М., Захаров А.В., Попель С.И., Кузнецов И.А., Розенфельд Е.В. Физические процессы формирования и особенности плазменно-пылевой экзосферы Луны // *УФН*. 2024. Т. 194. № 6. С. 569–599.
3. Морозова Т. И. Заряженная пыль на Луне // *Земля и Вселенная*, 2023. № 6 (354). С. 76–81, DOI: 10.7868/S0044394823060063
4. Popel S.I., Golub' A.P., Kassem A.I., Zelenyi L.M. Dust Dynamics in the Lunar Dusty Plasmas: Effects of Magnetic Fields and Dust Charge Variations // *Physics of Plasmas*. 2022. V. 29. № 1. 013701, 9 pp.

ЧЕТВЕРТАЯ ВСЕРОССИЙСКАЯ ВИКТОРИНА ЮНЫХ ФИЗИКОВ ОТДЕЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК РАН

ГОЛОВАНОВА Алина Владимировна^{1, 2, 3}

МАГАРЯН Константин Арутюнович²

ИНОЗЕМЦЕВА Анастасия Валентиновна²

НАУМОВ Андрей Витальевич^{1, 2, 3}

¹ Институт спектроскопии РАН

² Московский педагогический государственный университет

³ Троицкое обособленное подразделение ФИАН им. П.Н. Лебедева

DOI: 10.7868/50044394824040030

С 1 по 16 мая 2023 года Отделение физических наук Российской академии наук (ОФН РАН) в партнерстве с Московским педагогическим государственным университетом провело Четвертую Всероссийскую викторину юных физиков ОФН РАН для школьников 5–11 классов.

Во время майских каникул представители РАН – академики, члены-корреспонденты и профессора РАН из Отделения физических наук (ОФН) предлагали найти ответы на нетривиальные вопросы из области физики и астрономии. Главная особенность предлагаемых к решению задач – необходимость расширения кругозора, междисциплинарный подход, а иногда и неоднозначность предлагаемых решений. В статье представлены результаты проведенной викторины вместе с авторскими условиями и решениями задач, касающихся вопросов астрономии, астрофизики, наук о Земле и космосе.

Одним из поручений Президента России, опубликованных в апреле этого года на сайте Кремля, является разработка нового национального проекта «Молодежь и дети». В рамках этого

проекта планируется также обновить школьную инфраструктуру, обустроить лаборатории, оснастить их современным оборудованием. Обновление, прежде всего, направлено на продвижение среди молодежи дисциплин естественно-научного цикла и повышение качества преподавания в том числе физики и астрономии. В рамках нового нацпроекта особое внимание будет уделено мероприятиям по выявлению талантливых детей и молодежи.

В этом аспекте викторина, проводимая ОФН РАН во время майских каникул, является прекрасным маркером, отражающим заинтересованность детей в физике¹. Этот интерес у школьников возникает естественным образом в условиях всероссийского соперничества во

¹ Викторина юных физиков [Электронный ресурс]. URL: <https://gpad.ac.ru/edu/> (Дата обращения: 17.06.2024).



время получения вопросов от представителей РАН. Способствует этому неформальный подход викторины ОФН, вопросы в которой – это всегда загадки, разжигающие интерес в сердцах юных исследователей. Задачи, которые задают представители ОФН – академики РАН, члены-корреспонденты и профессора РАН – сопряжены с необходимостью проводить собственное естественно-научное испытание, нацелены на неформальный подход к решению, необходимость использовать смекалку.

Викторина ОФН, начавшаяся во время пандемии коронавируса в 2020 г. в формате онлайн, продолжает эту традицию, поэтому доступна любому школьнику, имеющему выход в интернет. Материалы прошедших викторин и часть задач, имеющих отношение к астрономии и астрофизике, публиковались ранее в журнале «Земля и Вселенная». С ними можно ознакомиться по ссылкам [2–4].

Вопросы в первом туре 1 мая 2023 г. по традиции задавали руководители

трех научно-исследовательских институтов из Москвы и наукограда Троицка. Директор Института ядерных исследований РАН член-корреспондент РАН, профессор РАН Либанов Максим Валентинович задал вопрос об ускорителе заряженных частиц в городе Троицке. Директор Института физики высоких давлений им. Л.Ф. Верецагина РАН академик РАН Бражкин Вадим Вениаминович попросил оценить вероятность того, что монета останется на ребре после падения. Директор Физического института им. П.Н. Лебедева РАН член-корреспондент РАН Колачевский Николай Николаевич предложил поразмышлять, как можно было бы измерить давление света, будучи первооткрывателем одноименного эффекта — Петром Николаевичем Лебедевым.

Второй тур открыл заместитель директора по научной работе Института ядерных исследований РАН профессор РАН Рубцов Григорий Иванович с вопросом о минимальном времени остановки

самоката без отрыва заднего колеса от земли. Далее заведующий лабораторией в Физико-техническом институте РАН им. А.Ф. Иоффе академик РАН Александров Евгений Борисович предложил разгадать парадокс ракетного двигателя, закрепленного на колесной тележке. Старшим школьникам главный научный сотрудник Института физических проблем имени П.Л. Капицы РАН член-корреспондент РАН Смирнов Александр Иванович предложил провести эксперимент с лазером и линейкой.

В третьем туре вопросы задавали представители культурной столицы – Санкт-Петербурга, а именно Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе РАН. Ведущий научный сотрудник, член-корреспондент РАН, профессор РАН Глазов Михаил Михайлович предложил поразмышлять о способах измерения времени без часов. Заведующий лабораторией, академик РАН Сурис Роберт Арнольдович² спросил, будет ли удерживаться на транспортной багажной ленте привязанный к стойке чемодан. Директор Института член-корреспондент РАН Иванов Сергей Викторович предложил оценить, за какое время атом из центра квантовой точки достигнет ее поверхности при нагревании до высоких температур.

Вопросы четвертого тура были посвящены теме космоса, их задавали сотрудники Института космических исследований РАН. Научный руководитель Института, академик РАН Зелёный Лев Матвеевич задал оригинальный вопрос о том, возможно ли собрать еще одно Солнце из всех планет Солнечной системы. Директор Института, член-корреспондент РАН Петрукович Анатолий Алексеевич заинтересовал-

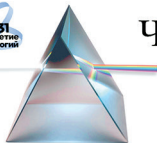
ся, возможно ли прокатиться на санях с лунной горки. Заведующий лабораторией, профессор РАН Литвак Максим Леонидович задал вопрос о том, как выглядел древний Марс.

В пятом туре были заданы вопросы на проверку наблюдательности. Первые два вопроса пришли из Казани. Директор ФИЦ «Казанский научный центр РАН» Казанского федерального университета – член-корреспондент РАН, профессор РАН Калачев Алексей Алексеевич спросил, почему пламя свечи всегда заостряется кверху. Научный руководитель Казанского физико-технического института им. Е.К. Завойского академик РАН Салихов Кев Минуллович задал вопрос о теплопроводности трех монет. Старшим школьникам вопрос об условиях возникновения лунной дорожки задавал доцент кафедры фотоники и физики микроволн Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова профессор РАН Белотелов Владимир Игоревич.

В шестом туре заведующий лабораторией спектроскопии конденсированных сред Института автоматики и электрометрии Сибирского отделения РАН член-корреспондент РАН, профессор РАН Суровцев Николай Владимирович задал вопрос о канарейках в грузовике. Директор Института физики Дагестанского научного центра РАН член-корреспондент РАН Муртазаев Акай Курбанович предложил рассчитать, где находится точка, где сила притяжения Земли равна силе притяжения Луны. Заведующий кафедрой акустики МГУ им. М.В. Ломоносова академик РАН Руденко Олег Владимирович задал задачу о шарике в потенциальной яме.

Седьмой тур открывала оригинальная задача о шарике в лунке замерзшего озера от главного научного сотрудника Физико-технического

² К нашему глубокому сожалению, 14 мая 2024 г. на 88-м году жизни академик РАН Р.А. Сурис ушел из жизни.



Четвёртая викторина юных физиков ОФН РАН



<https://gp.ad.ac.ru/edu>

1 – 16 мая 2023 год

9 акад., 13 чл.-корр., 11 проф. РАН

345 участников, 1706 ответов,
56 населённых пунктов, 33 региона,
3 страны, 97 школ (38 базовых школ РАН)
9 туров, 27 вопросов, 3 уровня/возраста

Победитель возрастной группы 10-11 класс

Лебедев Иван Александрович
(11 класс) Балашихинский лицей
г. Балашиха (Базовая школа РАН)



Победитель возрастной группы 8-9 класс

Птицын Михаил Антонович
(8 класс) Физико-технический лицей №1
г. Саратов (Базовая школа РАН)



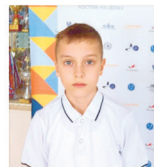
Победитель возрастной группы 5-7 класс

Халимончук Антон Дмитриевич
(7 класс) Инженерный лицей
г. Новосибирск (Базовая школа РАН)



Победитель смешанной возрастной группы

Поздняков Николай Владимирович
(3 класс) Школа № 60
г. Ростов-на-Дону (Базовая школа РАН)



Победители Четвертой викторины Отделения физических наук Российской академии наук

института им. А.Ф. Иоффе РАН профессора РАН Родиной Анны Валерьевны. Второй вопрос от заведующего лабораторией волновых методов исследования структурно-неоднородных сред Института прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова РАН члена-корреспондента РАН Зайцева Владимира Юрьевича был посвящен бытовой проблеме – почему пластиковые пакеты рвутся, не выдерживая заявленной нагрузки. Научный руководитель Института астрономии РАН член-корреспондент РАН Шустов Борис Михайлович предложил поразмышлять о существовании тел во Вселенной на примере вращающегося диска.

В специальном, восьмом туре 16 мая вопросы традиционно были посвящены международному дню света и световых технологий. Проректор Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова профессор РАН Федянин Андрей Анатольевич задал вопрос об экспериментальной установке, работающей по методике «зонд-накачка». Декан факультета фундаментальной физико-химической инженерии МГУ им. М.В. Ломоносова акаде-

мик РАН Горбунова Юлия Германовна спросила, что есть общего у пульсоксиметрии и фотосинтеза. Руководитель Троицкого подразделения ФИАН им. П.Н. Лебедева, заведующий кафедрой теоретической физики МПГУ, заведующий отделом спектроскопии конденсированных сред Института спектроскопии РАН член-корреспондент РАН, профессор РАН Наумов Андрей Витальевич предложил рассчитать по фото, на каком расстоянии от Земли был Марс в момент его затмения Луной.

В заключительном, президентском туре президент РАН академик РАН Красников Геннадий Яковлевич спросил у школьников, каким был бы размер чипа, если бы минимальный размер микросхемы равнялся одному миллиметру. Академик-секретарь отделения физических наук РАН Кведер Виталий Владимирович задал вопрос, почему арфа и рояль по форме так похожи друг на друга и не похожи на гитару или скрипку. Председатель координационного совета профессоров РАН член-корреспондент РАН, профессор РАН Лутовинов Александр Анатольевич предложил трудную

астрономическую задачу о двойном астероиде.

По итогам проведенной в 2023 г. четвёртой викторины ОФН РАН было получено и проверено 1706 ответов, участие приняли 345 человек из 56 населенных пунктов 33 регионов и 3 стран, представивших 97 школ, из которых 38 школ – это базовые школы РАН. Тем, кто принял участие более чем в пяти турах викторины, были отправлены 163 электронных сертификата, подтверждающих их участие в мероприятии.

Победителями и призерами 2 и 3 степени Четвертой викторины ОФН РАН стали 39 человек из 24 разных школ (13 из них – Базовые школы РАН) из 23 населенных пунктов России: Ангарска, Архангельска, Балашихи, Белоозёрского, Бугульмы, Воронежа, Кирова, Магнитогорска, Новосибирска, Обнинска, Одинцова, Омска, Ростова-на-Дону, Самары, Саратова, Сарова, Северодвинска, Сергиева Посада, Тамбова, Троицка, Химок, Челябинска, Ярославля.

В младшей возрастной категории, набрав 25 баллов, победителем стал ученик 7 класса Инженерного лицея НГТУ Халимончук Антон Дмитриевич из г. Новосибирска.

В средней возрастной категории победителем, набравшим 21 балл, стал учащийся 8 класса Физико-технического лицея № 1 Птицын Михаил Антонович из г. Саратова.

В старшей возрастной категории, набрав 27 баллов, победителем стал учащийся 11 класса Балашихинского лицея Лебедев Иван Александрович из города Балашихи.

И победителем в смешанной категории стал учащийся 3 класса Школы № 60 имени пятого гвардейского Донского казачьего кавалерийского Краснознаменного Будапештского корпуса Поздняков Николай Владимирович из г. Ростова-на-Дону, набравший 29 баллов.

Первое место по количеству призов (6 человек) заняла Базовая школа РАН – Школа № 60 (г. Ростов-на-Дону). Второе место разделили между собой



Церемония награждения Четвертой Всероссийской викторины ОФН РАН. Фото РАН

две школы (по 3 призера): Инженерный лицей НГТУ (БШ РАН, г. Новосибирск) и Гимназия им. Н.В. Пушкина (г. Троицк). Третье место (по 2 призера в каждой школе) заняли 5 школ: Балашихинский лицей (БШ РАН, г. Балашиха), СОШ № 6 (г. Бугульма Республика Татарстан), Одинцовский Десятый лицей (БШ РАН, г. Одинцово), Гимназия № 11 (БШ РАН, г. Самара), Лицей № 17 (БШ РАН, г. Северодвинск).

19 апреля 2024 г. в историческом зале заседаний Президиума Российской академии наук прошла торжественная церемония награждения победителей и призеров IV Всероссийской викторины юных физиков Отделения физических наук РАН. Участники мероприятия получили награды из рук президента РАН академика РАН Геннадия Красникова, вице-президента РАН академика РАН Владислава Панченко и академика-секретаря Отделения физических наук РАН Виталия Кведера. Модератором мероприятия выступил председатель организационного комитета Вик-

торины член-корреспондент РАН Андрей Наумов (ФИАН им. П.Н. Лебедева, Троицк, МПГУ).

После окончания церемонии награждения все участники отправились на обзорную экскурсию в один из старейших естественно-научных музеев России – Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского Российской академии наук. Участники увидели уникальную коллекцию минералов и горных пород, собранную со всех континентов Земли, и убедились в ее удивительной красоте и разнообразии, познакомились с эволюцией органического мира, узнали о геологических процессах и катастрофических природных событиях.

Начиная с 2024 г. отдельные вузы будут добавлять дополнительные баллы к ЕГЭ призерам Викторины. Это Московский педагогический государственный университет, Высшая школа экономики. Еще в ряде вузов такая возможность сейчас рассматривается.

«Уважаемые организаторы викторины! Спасибо Вам за такие интересные задания. Хотя некоторые вопросы были сложными, но интереснее было найти правильный ответ. Я даже прыгал от радости, когда узнал, что стал победителем и смогу побывать в Москве! Я всегда буду участвовать в ваших олимпиадах! Я учусь всего лишь в 4 классе, физика в нашей школе начинается с 7 класса, но мне интересно было принять участие! У меня уже есть термометр Галилея, поющие магниты, светильник плазменный шар тесла с молниями. Я люблю проводить опыты».

Поздняков Николай Владимирович, ученик 4 класса (победитель смешанной группы)

МАОУ «Школа № 60», г. Ростов-на-Дону, Ростовская область.

«Задания были познавательные, интересные и неожиданные. В ходе решения этих задач я узнал много нового и полезного».

Халимончук Антон Дмитриевич, ученик 8 класса (победитель младшей группы)
МАОУ «Инженерный лицей НГТУ», г. Новосибирск, Новосибирская область.



Во время экскурсии в Государственный геологический музей. Фото РАН

Для читателей журнала «Земля и Вселенная» с разрешения авторов публикуются вопросы викторины, имеющие непосредственное отношение к тематике журнала.

Благодарности

Организационная и редакционная работа при проведении Всероссийской викторины проводилась при поддержке в рамках государственного задания Министерства просвещения Российской Федерации «Физика наноструктурированных материалов и высокочувствительная сенсорика: синтез, фундаментальные исследования и приложения в фотонике, науках о жизни,

квантовых и нанотехнологиях» (тема № 124031100005-5).

Литература

1. Викторина юных физиков [Электронный ресурс]. URL: <https://gpad.ac.ru/edu/> (Дата обращения: 17.06.2024).
2. Наумов А.В., Голованова А.В., Магарян К.А. Викторина юных физиков отделения физических наук РАН // Земля и Вселенная. 2020. № 5. С. 47–52; № 6. С. 72–74.
3. Голованова А.В., Магарян К.А., Наумов А.В. Вторая викторина юных физиков отделения физических наук РАН // Земля и Вселенная. 2022. № 2. С. 30–37; № 3. С. 47–49.
4. Голованова А.В., Магарян К.А., Наумов А.В. Третья всероссийская викторина юных физиков отделения физических наук РАН // Земля и Вселенная. 2023. № 2. С. 23–34.

Вопрос 1 (5–7 классы)

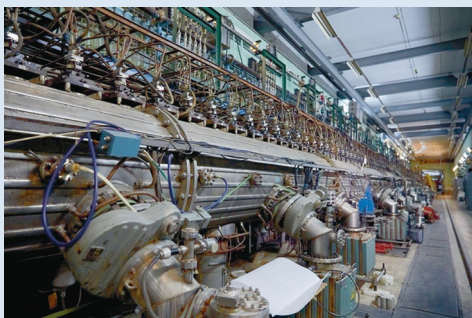
I ТУР 1 мая 2023 года



ЛИБАНОВ Максим Валентинович,

доктор физико-математических наук,
член-корреспондент РАН, профессор РАН
Институт ядерных исследований РАН

Институт ядерных исследований РАН (ИЯИ РАН) принимает участие во многих крупных научных проектах. Так, в Троицке, в Институте ядерных исследований РАН, вот уже много лет работает уникальный линейный ускоритель заряженных частиц [1], а в глубинах озера Байкал создан один из самых продвинутых детекторов нейтрино [2] – загадочных частиц, настолько легких, что они со скоростью света проходят через нас, через Землю и через любые другие препятствия [3, 4].



Как Вы считаете, через какое время на Байкале и как можно обнаружить, работает ли ускоритель в Троицке?



1. <https://scientificrussia.ru/articles/osnovy-uskorenia-intervu-s-fizikom-sergeem-gavrilovym-iz-instituta-adernyh-issledovanij-ran>
2. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Нейтрино>
3. https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/435348/Gde_rozhdayutsya_neytrino
4. <https://scientificrussia.ru/articles/kak-lovyat-nejtrino-na-dne-bajkala>

Вопрос 2 (5–7 классы)
III ТУР 5 мая 2023 года



ГЛАЗОВ Михаил Михайлович,
доктор физико-математических наук,
член-корреспондент РАН, профессор РАН
Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН,
Санкт-Петербургский национальный исследовательский
Академический университет имени Ж.И. Алфёрова РАН

Предложите и обоснуйте как можно больше способов измерить время без часов. В вашем распоряжении имеются вещи и приспособления, которые обычно бывают в каждом доме.

Вопрос 3 (5–7 классы)
IV ТУР 7 мая 2023 года



ЗЕЛЁНЫЙ Лев Матвеевич,
академик РАН,
руководитель секции общей физики и астрономии ОФН РАН
Институт космических исследований РАН

Можно ли из всех планет Солнечной системы собрать еще одно Солнце?



Ответы см. на стр. 106

Земля и Вселенная, 4/2024

ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ ЛУННЫХ БАЗ

ШУБИН Павел Сергеевич,

писатель, историк и популяризатор космонавтики

Институт космических исследований РАН

DOI: 10.7868/50044394824040042

Сейчас, в середине 20-х годов XXI в., можно определенно сказать, что контуры второй лунной пилотируемой гонки уже сформировались. Спроектированы или находятся в разработке сверхтяжелые носители для отправки человека к Луне, отработанны корабли для полета к Луне и возвращения человека на Землю, начинает раскрываться беспилотная программа изучения Луны. В 2030-х гг. все эти вложения должны дать заметный результат и человек вновь вступит на поверхность Луны.

Сейчас сложно сказать как будет записываться его имя: латиницей, китайскими иероглифами, – может быть, даже кириллицей. Но уже сейчас можно представить, как будут выглядеть будущие полеты и чем ситуация будет отличаться

от «лунной гонки» XX века, что прошла почти шесть десятилетий назад.

Для начала она будет куда более неторопливая. Если в прошлом веке к Луне отправлялось несколько сверхтяжелых «Сатурн-5» в год, то теперь пуски ракеты-носителя SLS (Space Launch System) планируются раз в год или даже в несколько лет.

Второе отличие – раньше интересна была вся поверхность Луны, и районы выбирались в первую очередь исходя из удобства посадки, связи и т.д. Сейчас же основной целью выбран Южный полюс Луны. Здесь, по современной оценке, наибольшее содержание водяного льда (возможно, вплоть до нескольких процентов). Район там не простой и удобных мест для посадки не так и много, Так что за них точно развернется

Массы полезных нагрузок, которые различные ракеты-носители могут вывести на низкую околоземную орбиту или на траекторию перелета к Луне. Разработано автором



определенная битва. Первым будет удобнее. Опоздавшим куда сложнее.

Но в данной статье хотелось бы посмотреть еще дальше в будущее. И понять, как должно выглядеть освоение Луны в более дальней перспективе.

Идея не нова. Такие планы уже не раз продумывались в прошлом, и в 1960-е гг. при реализации программы «Аполлон», и в 1980-е при оценках возможного развития пилотируемой программы. Можно предположить, что есть они и сейчас, разве что сейчас такие планы, скорее всего, имеют гриф ДСП или «конфиденциально».

Для начала сформулируем, чем база на Луне отличается от других пилотируемых «баз» за пределами Земли, в первую очередь, Международной космической станции? Отличие есть и очень серьезное – на Луне есть ресурс, который может быть переведен в полезную для человека форму. На МКС, по сути, используется только один внеземной ресурс – солнечный свет. Станция находится в вакууме, и все остальное использовать куда сложнее. Есть попытки перейти на использование только внутреннего ресурса, т. е. перерабатывать доступные на базе материалы для уменьшения массы, доставляемой на станцию. В первую очередь речь идет о получении воды и кислорода. Но такие попытки делаются больше для экспериментов. Наличие рядом со станцией Земли с практически безграничными ресурсами сильно влияет на философию орбитальной станции. Замыкание идет ради эксперимента, в надежде достигнуть 100%, но каждый следующий шаг дается все с большим трудом. Для примера, замыкание по воде на 40% обеспечили еще в 70-х гг. прошлого века. Полностью же замыкание на орбитальной станции, скорее всего, не будет доступно никогда.

Но для Луны это не важно. Ведь база будет окружена очень большим количеством реголита. Его даже на первом этапе строительства можно использовать

для обвалки модулей лунной базы, для защиты от излучения и теплоизоляции.

Примерный состав реголита можно оценить по приведенной таблице 1. Видно, что кислорода в реголите достаточно много – по массе около половины.

Фирма «Келлери» в конце 1960-х гг. оценила установку с восстановлением горных пород струей водорода, разогретой в электрической дуге¹. Этот метод хорош тем, что практически не зависит от знания точного состава материала. Откачиваемый компрессом газ, разогретый до температуры 2500 градусов Кельвина, очищался от пыли и твердых примесей, после вода конденсировалась и направлялась в электролизную установку. Кислород собирался в хранилище, водород направлялся обратно в установку для очередного цикла. Максимальная концентрация воды достигается при восстановлении двуокиси кремния.

Предлагаемая производительность установки по кислороду – 2.27 кг/час. Электрическая мощность более 50 кВт, а масса установки 5–7 тонн (включая ядерный источник энергии). Время окупаемости 3–4 земных месяца, по массе произведенного кислорода. Другими словами, он произведет кислорода по массе столько, что это будет сравнимо с массой установки.

Также рассматривался близкий вариант, где вместо водорода для восстановления горных пород использовался метан. Установка получалось более сложной, но метан на Луне хранить должно быть легче, чем водород.

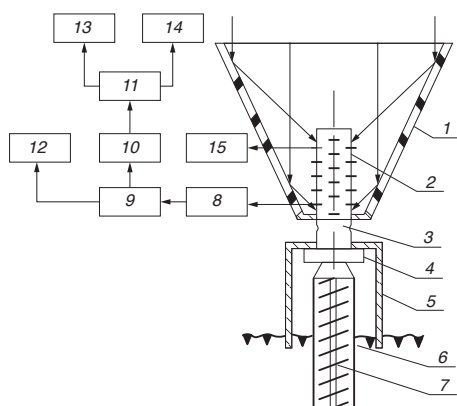
Возможно использовать подобный метод и для получения воды. В земных экспериментах вода, полученная из расплава базальта в атмосфере водорода,

¹ Комплексное использование лунных ресурсов для обеспечения лунных экспедиций и долговременных лунных баз. Труды Всесоюзного совещания-семинара 18–21 ноября 1967 г. в городе Ташкент. М., 1971. РГАНТД. Ф. 213. Оп. 5–1. Д. 152.

Состав лунного реголита

Тип реголита	Концентрация, вес. %										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	Cr ₂ O ₃	P ₂ O ₅
Морской реголит (Л-16)	41.7	15.33	3.39	16.64	8.78	12.49	0.34	0.10	0.21	0.28	0.12
Материковый реголит (Л-20)	44.4	22.9	0.56	7.03	9.70	15.2	0.55	0.10	0.12	–	0.14

*Данные по: Лунный грунт из Моря Изобилия. М.: Наука, 1974.



имеет синеватый остаток с резким запахом сероводорода, который со временем ослабевает и скоро исчезает совсем. После выпаривания воды остается сухой остаток, равный по весу 0.52%.

При наличии в реголите водяного льда схема получения воды еще более упрощалась.

В состав установки для американского проекта получения воды из грунта 1970-х гг. входили:

– Буровая колонка производительностью 30 кг породы в час, мощностью 4 кВт и массой 200 кг.

– Солнечный концентратор со следящим механизмом и вращающейся печью массой 80–90 кг.

– Конденсатор массой 90–95 кг.

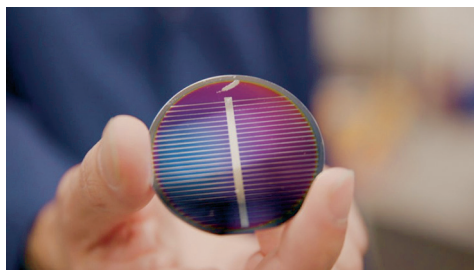
– Компрессор, фильтры, хранилища газов и воды, транспортное устройство и др. общей массой 200–250 кг.

Общая масса всей установки 610–635 кг. Окупаемость установки 2170 часов работы (по массе добытой воды). Если установка будет работать 2/3 лунного дня (220 часов), то окупится за 10 лунных суток. Ожидалось, что реголит будет содержать до 1–1.2% воды по массе.

Кроме воды, интересный вариант получения из лунного грунта кремния для солнечных батарей. Более того, этот проект реализуется уже сейчас. В 2023 г. компания BlueOrigin представила результат своего проекта с кодовым названием BlueAlchemist. В его рамках был создан «рабочий прототип солнечной батареи из имитатора лунного реголита»².

Согласно опубликованной информации удалось получить кремний 99,999%

² 10 февраля 2023 Blue Alchemist Technology Powers Our Lunar Future <https://www.blueorigin.com/news/blue-alchemist-powers-our-lunar-future>



Прототип солнечной батареи BlueAlchemist.
Фото: BlueOrigin <https://www.blueorigin.com/news/blue-alchemist-powers-our-lunar-future>

чистоты, проволоку, покровное стекло. В команде 21 человек: геолог, геохимик, электрохимик, металлург, специалист по материалам и фотоэлектронике, инженер-механик и электротехник, робототехник, приборотехник, инженер по космическим полетам и системный инженер. Грунт нагревался до 1600 гра-

дусов Цельсия, после чего из расплава получали железо, кремний, алюминий и кислород. Летом 2023 г. NASA выделила BlueOrigin 35 млн долларов для продолжения работ.

В описании не сказано, но кроме солнечных батарей в этом эксперименте должен был быть получен еще один очень интересный продукт – моносилан.

Моносилан – бесцветный ядовитый газ, самовоспламеняющийся на воздухе (при контакте с парами воды). По сути, это определенный аналог метана, где вместо углерода – кремний. С кислородом он обеспечивает топливную пару с достаточно большим удельным импульсом, но на Земле в этом качестве не используется из-за сложности в эксплуатации. Сейчас его применяют для производства сверхчистого кремния для микроэлектроники. Так как его производство на Луне

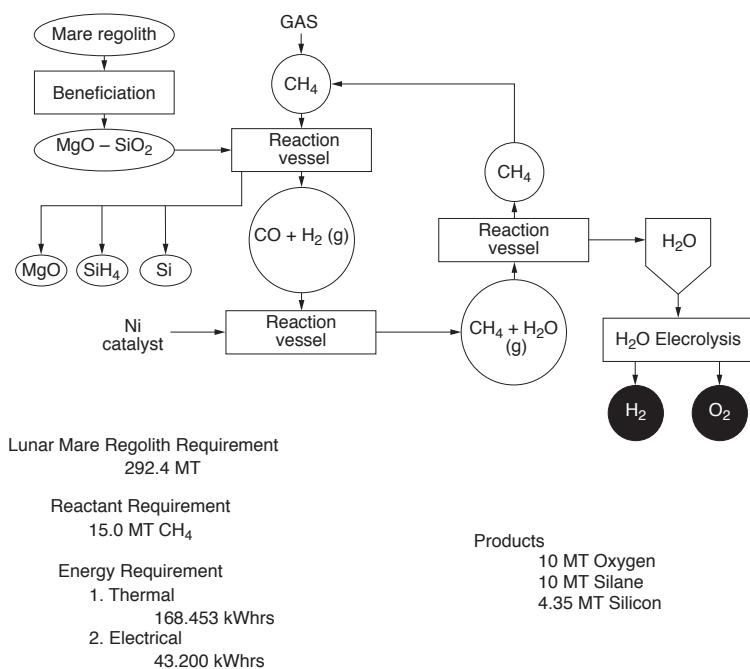


Схема возможного получения моносилана на Луне по оценке NASA. Источник: Lunar surface base propulsion system study, vol. 1. <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19890010900/downloads/19890010900.pdf>

Таблица 2

Состав пищи на сутки и год для одного человека

Состав пищи	На одни сутки, г	На один год, кг
Вода	2100	765
Продукты питания (органические вещества)	810	295
Соли (различные)	10	3.6
Всего	2920	1063.6

Источник: *Иванов Д.И., Хромушкин А.И.* Системы жизнеобеспечения человека при высотных и космических полетах. М.: Машиностроение, 1968.

все равно планируется, то было бы логично использовать его и в качестве топлива. В этом случае можно создать многогоразовый лендер для полетов между поверхностью Луны и орбитой спутника Луны с его заправкой только из полученных на Луне материалов.

Из схемы на стр. 48 видно, что из 292.4 т реголита можно получить 10 т кислорода и 10 т моносилана. Также в процессе используется 15 т метана, но этот реактив не расходуется.

В NASA уже прорабатывали параметры двигателя моносилан/кислород. Тяга около 3 т, удельный импульс 391 сек при соотношении компонентов 0.87, давление в камере сгорания 68 атм, масса двигателя порядка 100 кг.

Если же говорить о применении моносилана для производства сверхчистого кремния, как и на Земле, то можно подумать о том, что на Луне можно наладить и производство микросхем для автоматики, причем мы говорим микросхемах 1970-х гг. Для многих практических применений их технических характеристики вполне достаточно, а установки по их «печати» достаточно простые и легкие, по современным меркам. Основная их масса и затраты приходились на вакуумные установки, не требуемые на Луне. Хотя на первом этапе достаточно и производства солнечных батарей.

Человеку, по сравнению с промышленностью, для жизни требуется не так и мно-

го, если переводить на массу. В таблице данные из инженерного справочника.

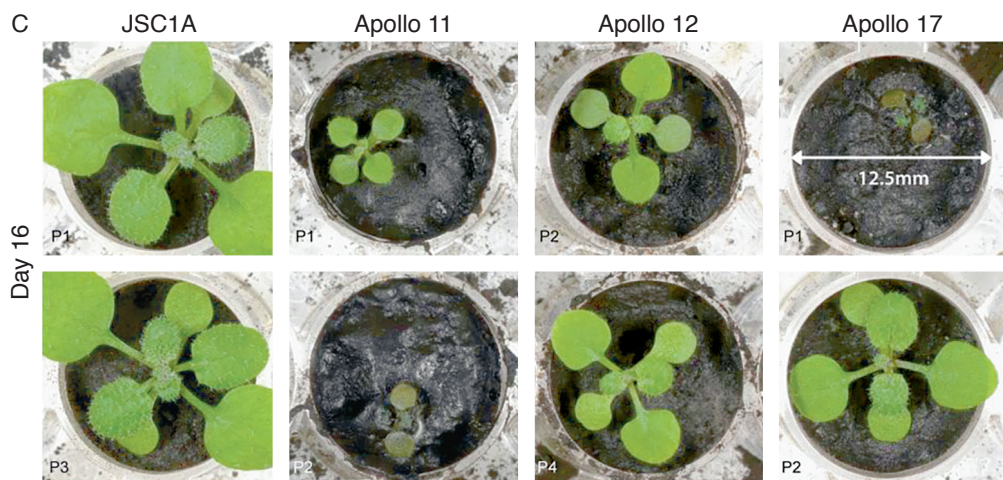
Дополнительно можно оценить еще и потребности в кислороде: 860 г в день или 314 кг в год. Так что запасы по кислороду и воде можно будет постараться «прикрыть» из местных материалов.

С едой вопрос чуть сложнее. Создать оранжерею на Луне возможно. В 2022 г., для поддержки проекта «Артемиды» команда исследователей из университета Флориды провела эксперимент по выращиванию различных растений в лунном грунте. Для этого было выделено немного грунта привезенного в экспедициях «Аполлон-11, -12 и -17»³.

В первые шесть дней ростки выглядели одинаково, но финальный результат можно увидеть на иллюстрации. Крайней левый – контрольный образец на земном вулканическом грунте.

Самыми здоровыми оказались ростки, выращенные в земном грунте, а самыми больными – в реголите «Аполлона-11». У них появилась фиолетовая пигментация, означающая стресс у растений. Генетический анализ подтвердил эту информацию. Образцы на грунте «Аполлона-12» и «Аполлона-17» были более

³ Paul AL., Elardo S.M., Ferl R. Plants grown in Apollo lunar regolith present stress-associated transcriptomes that inform prospects for lunar exploration. *Commun Biol* 5, 382 (2022) <https://www.nature.com/articles/s42003-022-03334-8>



Изображение из статьи Paul AL., Elardo S.M., Fert R. Plants grown in Apollo lunar regolith present stress-associated transcriptomes that inform prospects for lunar exploration. *Commun Biol* 5, 382 (2022). <https://doi.org/10.1038/s42003-022-03334-8>

здоровыми, но все равно немного хуже чем земной контрольный образец.

Тем не менее вряд ли подобная оранжерея появится на первых лунных базах. Отчасти это и не нужно на данном этапе. Стандартный 16-суточный рацион питания МКС состоит из четырех контейнеров небольших размеров. Масса одного контейнера зависит от фасовки: максимальная составляет 6.2 кг, средняя

5 кг. В целом можно оценить потребный грузопоток как 500 кг на человека в год. Другими словами, этого набора достаточно (без учета воды) для питания космонавта лунным днем.

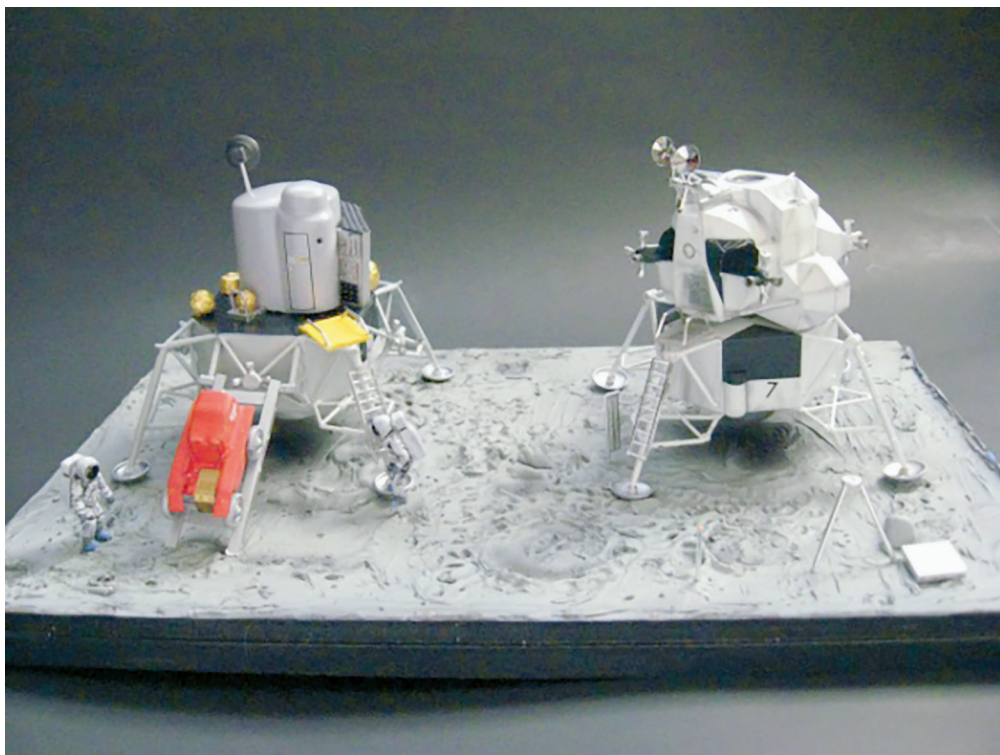
Еще в 1970-х гг. советская станция серии Е-8 («Луна-15...-24») могла обеспечить доставку на Луну одной тонны за один полет. Сейчас прорабатываются станции «Луна-28» и «Луна-29» под РН «Ангара-А5», на базе которых возможно создать станцию для доставки на Луну порядка 1300 кг.

Другими словами, если бы сейчас на Луне уже была развернута лунная база, то поддерживать ее функционирование мы могли бы относительно скромными усилиями. И самые большие затраты приходились бы на доставку на Луну экипажей сверхтяжелым носителем.

Так как может выглядеть развитие данной лунной базы? Ниже я постараюсь использовать классификацию NASA 1980-х гг. Она очень логичная, но нужно учитывать, что достаточно условная. При непрерывном развитии четкого отнесения лунной

Космонавт Олег Кононенко на Международной космической станции с 16-суточным рационом питания (без учета воды). Фото: NASA





Макет станции ALSS (Apollo Logistics Support System). Фото: NASA

базы к конкретному типу может порой и не быть.

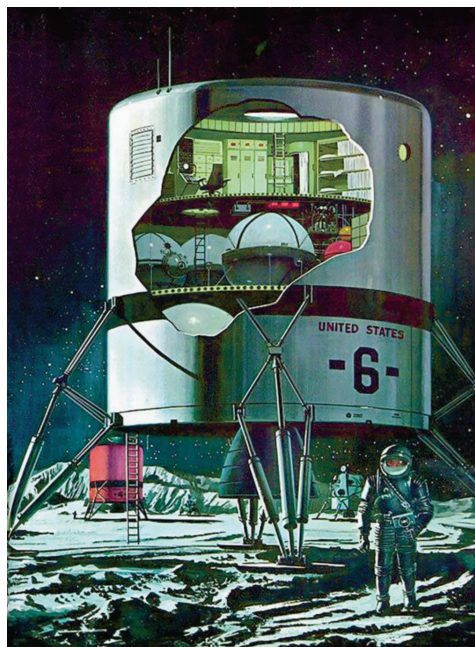
Первый этап. Легкий модуль с герметичным отсеком, скорее всего, на базе штатного лунного посадочно-взлетного модуля. Рассчитан ориентировочно на 4–6 посещений приблизительно по 10–14 дней (один световой лунный день). Какая-либо переработка лунного грунта не планируется. Для примера можно посмотреть на вариант ALSS (Apollo Logistics Support System), что разрабатывался в США в 1960–70-х гг.

ALSS должна была обеспечить комфортное пребывание двух астронавтов в течение лунного дня (14 суток). Масса нагрузки ожидалась в 3100 кг, а объем до 56 м³.

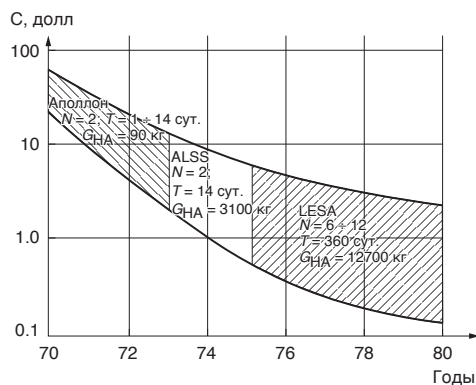
Если говорить об американском проекте «Артемиды», то ожидается, что уже штатные посадочные аппараты будут обладать близкими характеристиками.

Второй этап. База с длительным пребыванием на Луне 4–6 человек. Возможна обработка реголита для получения кислорода. Проводятся эксперименты по получению солнечных батарей. Это специализированная база под доставку ее на Луну одним пуском сверхтяжелого носителя. Отчасти примером может быть проект LESA (Lunar Exploration Systems for Apollo) из 1960-х. Она предназначалась для обеспечения работы 3 человек порядка 90 дней. Объем базы ожидался порядка 90 м³, а масса полезной нагрузки 12 700 кг.

Работа над ними, по сути, уже началась. 19 апреля 2024 г. NASA сообщила, что поручила компаниям SpaceX и BlueOrigin разработать грузовые версии их посадочных модулей. Нагрузка 12–15 т, запуски начнутся с миссии «Артемиды-7». Здесь еще можно отметить, что 12–15 т – это очень много. Лунный



Проект LESA (Lunar Exploration Systems for Apollo). Фото: NASA



Источник: Комплексное использование лунных ресурсов для обеспечения лунных экспедиций и долговременных лунных баз. Труды Всесоюзного совещания-семинара 18–21 ноября 1967 г. в городе Ташкент. М., 1971. РГАНТД. Ф. 213. Оп. 5–1. Д. 152

модуль «Аполлона» весил 15 т, а первая станция «Салют» – 18 т.

При увеличении продолжительности пребывания на Луне заметно падает

и удельная стоимость данного пребывания. Ниже можно посмотреть оценку из 1970-х гг.

Если для «Аполлона» сутки пребывания астронавта на Луне требовали порядка 60 млн долларов, LESA могла снизить эту цену до 200 тыс. долларов (в расчетах использовался доллар 1970-х гг.).

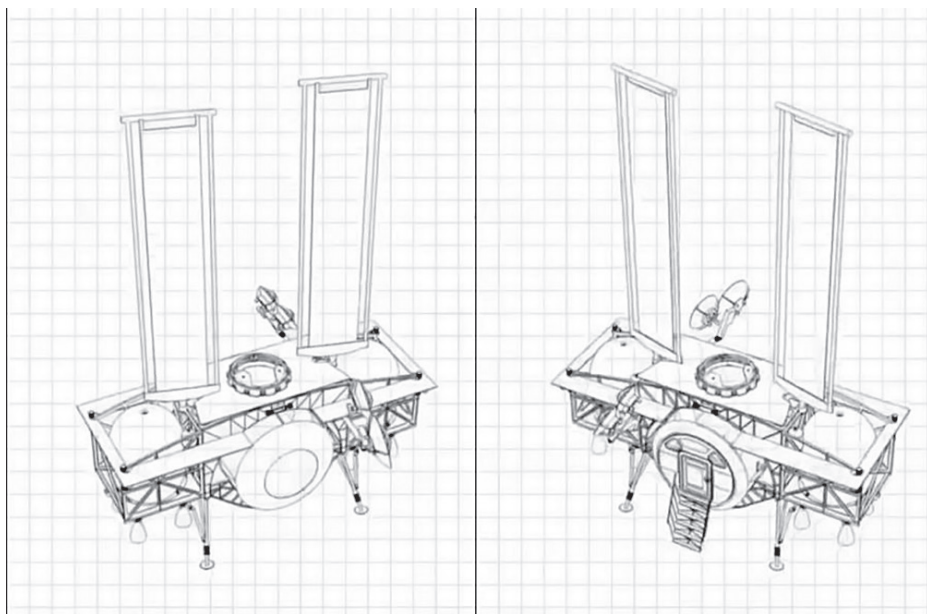
Третий этап. Постоянная лунная база на 10 человек с развертыванием промышленного производства. Данная база модульная, с доставкой отдельных модулей в разных пусках.

Здесь можно отметить современный проект, предложенный компанией Dynetics, проигравшей на данном этапе предложениям от SpaceX и BlueOrigin). Это полтораступенчатый посадочный лунный модуль, для посадки и старта используются одни и те же двигатели, но топливо, необходимое для торможения, выделено в отдельные навесные баки, которые во время посадки сбрасываются. Выбранная компоновка позволяет снизить центр масс системы, и таким образом обеспечивает наиболее комфортные условия для контроля астронавтами посадки на Луну.

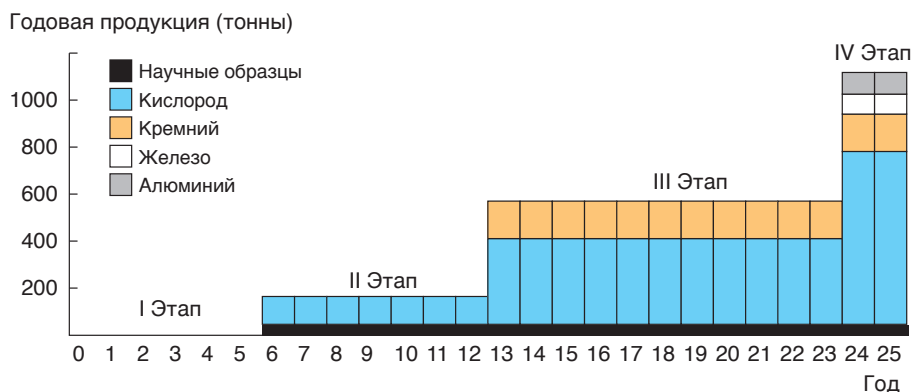
Сама конструкция модульная. При желании, центральный обитаемый отсек можно отсоединять для использования в мобильной системе передвижения по Луне. Также за счет стыковки обитаемых отсеков друг с другом можно получить лунную базу практически неограниченного объема. Расположение солнечных батарей оптимизировано под посадку около полюса Луны. Выводить модуль планировалась при помощи SLS.

NASA в свое время отметило, что данная идея, возможно, будет использована в одном из будущих полетов по программе «Артемиды», но контракт заключен не был.

Четвертый этап. Постоянная лунная база на 15–20 человек. Дополнительно из грунта можно получать алюминий и железо.



Проект посадочного лунного модуля компании Dynetics. Изображение: Dynetics



Динамика добычи лунных ресурсов на различных этапах развертывания лунной базы. График автора по информации из: Lunar surface base propulsion system study, volume 1 (<https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19890010900/downloads/19890010900.pdf>)

При стабильном финансировании можно пройти от первого до четвертого этапа за 25 лет. Так оценивали сроки развития подобных баз в NASA конца 1980-х гг. Другими словами, если бы эта программа была тогда принята вместо МКС, то сейчас на Луне могла быть развернута база четвертого этапа. Нара-

щивание добычи лунных ресурсов в зависимости от года можно увидеть на схеме.

В теории, в конце этапа возможно создание лунной базы уже полностью независимой от грузопотока с Земли.

Насколько все эти планы реализуются в жизни и в какие сроки, уверен, увидим в ближайшие несколько десятков лет.

«ЧАНЪЭ-6» ВЕРНУЛАСЬ!

ЛИСОВ Игорь Анатольевич

DOI: 10.7868/50044394824040054

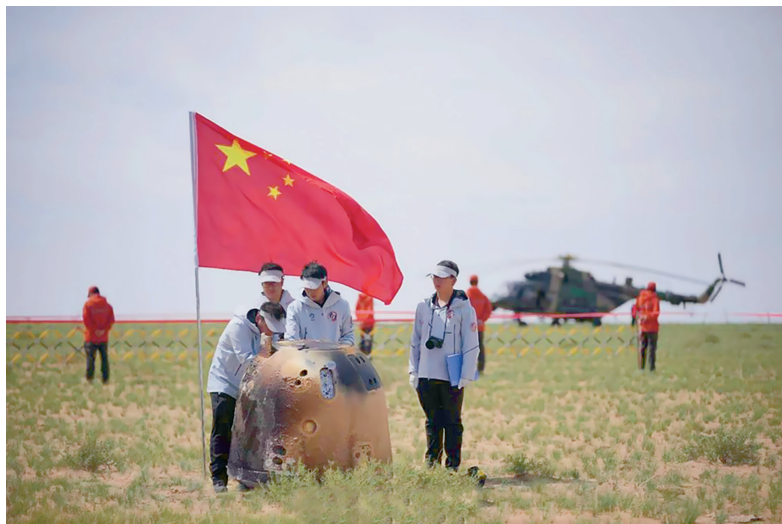
25 июня 2024 г. в 14:07 пекинско-го времени (06:07 UTC) возвращаемый аппарат китайского комплекса «Чанъэ-6» успешно приземлился на посадочном полигоне в хошуне Сыцзыван Автономного округа Внутренняя Монголия, доставив образцы лунного грунта из кратера Аполлон. Вторая китайская экспедиция за лунным веществом – и первая в мире за образцами с обратной стороны Луны – завершилась полным успехом.

Задачей проекта «Чанъэ-6» являлась доставка на Землю образцов лунного вещества из гигантского бассейна «Южный полюс – Эйткен». Его размеры и глубина обещали новую интересную информацию о материалах, залегавших намного ниже поверхности Луны и обнажившихся вследствие космической катастрофы 4.2 млрд лет назад.

ШЕСТАЯ «ЛУННАЯ ПРИНЦЕССА»

Проект «Чанъэ-6» реализуется как часть четвертого этапа исследования Луны автоматическими средствами, утвержденное китайским правительством в декабре 2021 г. Этот этап включает уже реализованный проект «Чанъэ-4» (запуск 7 декабря 2018 г., посадка на Луне 3 января 2019 г.), перспективные аппараты «Чанъэ-7» и «Чанъэ-8» для изучения южной полярной области Луны и спутник-ретранслятор «Цюэцяо-2» (запущен 20 марта 2024 г.).

Комплекс «Чанъэ-6» первоначально был изготовлен как дублер для «Чанъэ-5», который стартовал 24 ноября 2020 г. и 17 декабря успешно доставил на Землю 1731 грамм лунного вещества



Возвращаемый аппарат комплекса «Чанъэ-6» на Земле. Фото: CNSA

из зоны относительно молодых вулканических пород в Океане Бурь¹.

С учетом полного успеха «Чанъэ-5» было решено провести вторую экспедицию по забору грунта, но из другого района Луны. Первоначально предполагалось направить «Чанъэ-6» в южную полярную область, но с учетом плодотворной работы посадочного аппарата «Чанъэ-4» и лунохода «Юйту-2» на обратной стороне Луны начиная с 3 января 2019 г. было принято решение послать экспедицию за грунтом в те же края.

24 апреля 2021 г. главный конструктор третьего этапа китайской программы исследования Луны автоматическими аппаратами Ху Хао объявил, что «Чанъэ-6» будет запущен примерно в 2024 г. с целью доставки образцов из бассейна «Южный полюс – Эйткен» на обратной стороне Луны. Бассейн, часто обозначаемый буквами SPAB от его англоязычного названия South Pole – Aitken Basin, представляет собой гигантскую астроблему диаметром 2500 км и глубиной 13 км, оставленную ударом крупного астероида 4.2–4.3 млрд лет назад. Южная граница бассейна проходит примерно у полюса, а северную отмечает кратер Эйткен на 17° ю.ш.

В разнообразном материале на дне SPAB ученые надеются найти важную информацию о глубинных слоях Луны, об ее истории и о причинах существенной разницы в облике видимой и обратной стороны нашего спутника. Судя по тому, что на невидимой стороне почти нет гладких морских районов, лунная кора там значительно толще, чем на обращенной к Земле, но почему – пока остается тайной.

«Чанъэ-4» также совершил посадку в пределах SPAB, в кратере фон Карман,

в точке с координатами 45.46° ю.ш., 177.59° в.д. Тамошные породы уже изучены на месте приборами ровера «Юйту-2», поэтому для «Чанъэ-6» был выбран другой большой кратер – Аполлон, названный в начале 1970-х в память об американской пилотируемой лунной программе. Центр его находится на 36° ю.ш., 151.5° з.д., диаметр оценивается в 524 км, глубина близка к 3.4 км. В пределах Аполлона имеются меньшие кратеры, названные именами американских астронавтов из экипажей Apollo 1, Apollo 8, 51-L и STS-107.

В апреле 2023 г. был назван выбранный для «Чанъэ-6» район посадки с координатами 43° ± 2° ю.ш., 154° ± 4° з.д., примерно в 700 км к востоку от места работы «Чанъэ-4». Заявленная зона включала самую южную часть Аполлона, его внешний вал и прилегающий с юга район SPAB. Ключом к такому решению, вероятно, была баллистика захода на посадку – ведь не может быть случайностью, что несколькими годами раньше для аналогичного комплекса «Чанъэ-5» также была выбрана полоса на 43° ± 2°, только северной широты! И уже в очерченных инженерами рамках ученые выделили три наиболее интересные площадки – на плоском дне кратера Аполлон (Flat plain, F), в более глубокой его части (Low plane, L) и южнее вала (Base plane, B).

Для обеспечения работы «Чанъэ-6» на обратной стороне Луны и полета над нею 20 марта 2024 г. был запущен специализированный спутник-ретранслятор «Цюэцяо-2». 25 марта он был успешно выведен на начальную окололунную орбиту, а 2 апреля переведен на рабочую эллиптическую орбиту наклонением 62.4°, высотой 300 × 16000 км и периодом 24 часа.

Зависая в апоцентре над обратной стороной Луны, «Цюэцяо-2» обеспечивает двустороннюю ретрансляцию в течение 21 часа из каждых суток.

¹ См. Лисов И.А. Подарок от «Лунной принцессы» // ЗиВ. № 1. 2021. 59–73.

При этом пропускная способность лунного участка радиолинии намного лучше, чем при использовании первого «Цюэцяо», который находится в точке Лагранжа системы «Земля – Луна» в 65 000 км от Луны.

КОМПЛЕКС «ЧАНЪЭ-6»



Эмблема «Чанъэ-6»

Лунный комплекс «Чанъэ-6», как и «Чанъэ-5», состоял из четырех основных компонентов. Орбитальный аппарат обеспечивал полет от Земли к Луне, работу на окололунных орбитах и возвращение к Земле. Посадочный аппарат отделился на окололунной орбите и выполнил торможение и прилунение. Буровое устройство и манипулятор с ковшом провели взятие проб с глубины и с поверхности соответственно. Образцы были загружены в контейнер взлетного аппарата, который стартовал с Луны и вышел на орбиту вокруг нашего спутника. Орбитальный аппарат сблизился и состыковался с ним; далее была произведена перегрузка контейнера в возвращаемый аппарат, после чего взлетный аппарат был отстыкован. На подлете к Земле, на высоте около

5000 км, возвращаемый аппарат отделился от орбитального, вошел в атмосферу, выполнил двухэтапное торможение «с подскоком» и приземлился.

Комплекс «Чанъэ-6» высотой 7.2 м и массой 8350 кг был немного тяжелее предшественника, который уложился в 8200 кг. Основные отличия между ними – в составе бортовой научной аппаратуры.

Орбитальный аппарат был спроектирован и изготовлен в Шанхайской исследовательской академии космической техники SAST, а его система управления и остальные части комплекса – в Китайской исследовательской академии космической техники CAST в Пекине. Оба учреждения входят в состав Китайской корпорации космической науки и техники CASC.

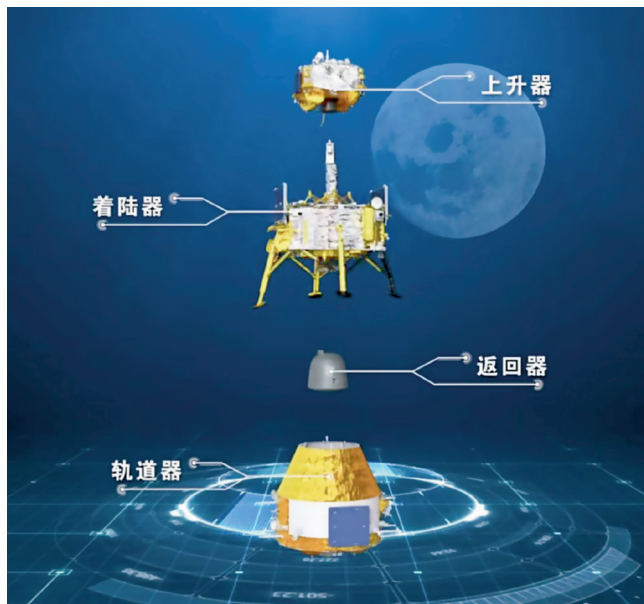
Орбитальный аппарат массой свыше 4000 кг выполнен в форме плоского цилиндра («шайбы») диаметром около 3.1 м. С нижней стороны слегка выступают четыре сферических бака компонентов топлива, между которыми расположен основной двигатель YF-37 тягой 3000 Н. Система электропитания использует две ориентируемые панели солнечных батарей, разворачиваемых вдоль оси Y. Сверху установлен конический переходник; под ним размещается возвращаемый, а на нем – посадочный аппарат.

Для поиска взлетного аппарата и сближения с ним орбитер был оснащен системой измерения параметров относительного движения с микроволновым радиолокатором, разработанным в 25-м институте Китайской корпорации космической науки и промышленности CASIC, и лидаром Института оптики и электроники Китайской АН в Чэнду.

Масса **посадочного аппарата** оценивается в 3100–3400 кг. Его корпус выполнен в виде восьмиугольной призмы и оснащен четырьмя посадочными опорами, которые переводятся

из стартового положения в рабочее уже в полете. Система электропитания использует две ориентированные панели солнечных батарей, разворачиваемых вдоль оси Z. Запас топлива для спуска и посадки размещен в четырех сферических баках. Снизу вдоль осевой линии установлен ЖРД YF-36A с регулируемой тягой в пределах от 7500 до 1500 Н, сверху имеется посадочное место для взлетного аппарата. Десантная камера LCAM от 508-го института CAST обеспечивает видеосъемку на этапе торможения и посадки с передачей изображения в реальном времени; помимо мониторинга, она используется как средство изучения топографии и региональной геологии. Для управления полетом на заключительном этапе спуска используются два прибора Шанхайского института технической физики SITP – лазерный измеритель дальности и скорости и лазерный трехмерный датчик для съемки лунной поверхности во время зависания и выбора окончательной точки посадки.

Как и предшественник, «Чанъэ-6» был рассчитан на забор и доставку 2 кг образцов лунного вещества. На верхней плоскости лэндера смонтированы манипулятор длиной 3.7 м для забора грунта с поверхности, созданный совместными усилиями специалистов Института системного проектирования КА в Пекине, Харбинского технологического института и Гонконгского политехнического университета. Буровое устройство в корпусе цилиндрической формы смонтировано вертикально на боко-



Составные части «Чанъэ-6». Изображение: CCTV

вой поверхности. Мощность привода составляет 600 Вт, а развиваемый момент – до 20 Н · м. При скорости вращения рабочей части 12 175 об/мин бур погружается в грунт со скоростью до 100 мм/мин. Разработчик этого механизма – 529-й завод CAST.

Мониторинг работы посадочного аппарата обеспечивают шесть служебных камер – одна в составе бурового механизма, четыре для отслеживания забора грунта манипулятором и его и транспортировки и еще одна – для съемки старта взлетного аппарата.

Взлетный аппарат массой 509 кг напоминает посадочный, но в масштабе 1:2. На восьмиугольном корпусе смонтированы две панели солнечных батарей, под ним – четыре сферических бака, между ними – двигатель тягой 3000 Н, аналогичный ЖРД орбитального аппарата. Старт взлетного аппарата обеспечивает пружинный толкатель, его двигатель включается уже на подъеме, чтобы свести к минимуму повреждения лэндера и дать ему возможность

продолжить работу на Луне после выполнения основной задачи миссии.

Найдя цель на орбите вокруг Луны, орбитер осуществляет ее захват и удержание тремя парами «лапок» за три штыря в верхней части взлетного аппарата.

Возвращаемый аппарат выполнен в виде «фары» (коническая конструкция со сферическим днищем с теплозащитой) и имеет высоту 1236 мм при наибольшем диаметре 1258 мм, его масса более 300 кг. Контейнер с образцами загружается через люк в верхней части капсулы. Посадка производится на однокупольном парашюте, выводимом из контейнера на боковой поверхности изделия.

Всего на четырех компонентах комплекса имеется три маршевых двигателя и 74 двигателя ориентации и направленного перемещения пяти номиналов тяги (150, 120, 25, 10 и 5 Н). Все они разработаны и изготовлены 801-м институтом Исследовательской академии ЖРД («6-я академия»). Три двигательных установки имеют суммарную массу 590 кг, в баки заправляется свыше 5450 кг топлива.

Дополнительным компонентом «Чанъэ-6» является **миниатюрный четырехколесный луноход «Цзиньчань» массой около 5 кг**, главной задачей которого является съемка посадочного аппарата со стороны. Известно также, что на нем установлен инфракрасный видовой спектрометр с чувствительным элементом в виде большого кристалла двуокиси теллура, изготовленного в Институте силикатов в Шанхае.

На посадочном аппарате установлены три китайских научных инструмента:

- Панорамная камера высокого разрешения PCAM Сианьского института оптики и точной механики на опорно-поворотном устройстве с двумя степенями свободы Шэньянского института автоматики;

- Спектроанализатор лунных минералов LMS для спектрометрии и анализа минерального состава пород в зоне забора лунного грунта, созданный в SITP;

- Радиолокатор LRPR для зондирования подповерхностной структуры грунта.

Также на аппарате установлены три зарубежных прибора:

- Детектор радона DORN (Detection of Outgassing RadoN) от Института астрофизики и планетологии IRAP и Национального центра космических исследований CNES Франции, предназначенный для регистрации выхода этого благородного газа из лунного реголита. Прибор массой 4.5 кг имеет восемь кремниевых детекторов, которые должны фиксировать альфа-излучение радиоактивного изотопа ^{222}Rn , причем сначала с орбиты, а затем с поверхности Луны; для калибровки прибора используется встроенный источник полония ^{209}Po . Цель эксперимента – изучение происхождения и динамики крайне разреженной лунной атмосферы, а также тепловых и физических характеристик грунта.

- Лазерный отражатель INRRI (INstrument for landing-Roving laser Retroreflector Investigations), изготовленный итальянским Национальным институтом ядерной физики INFN. Два таких отражателя предназначены для высокоточного определения расстояния, лазерной и квантовой связи; последнее возможно потому, что отражатели имеют металлическое покрытие, которое не меняет поляризацию фотонов. Проблема, однако, в том, что будучи размещенными на обратной стороне Луны, они могут использоваться только аппаратами на орбите вокруг нее или в дальней точке Лагранжа системы Земля – Луна, которые еще нужно создать и запустить. Ну а первопричина состоит в том, что INRRI делался

изначально для посадки на Марс, а не на Луну, и его первый экземпляр погиб с посадочным аппаратом «Скиапарелли» миссии «ЭкзоМарс-2016».

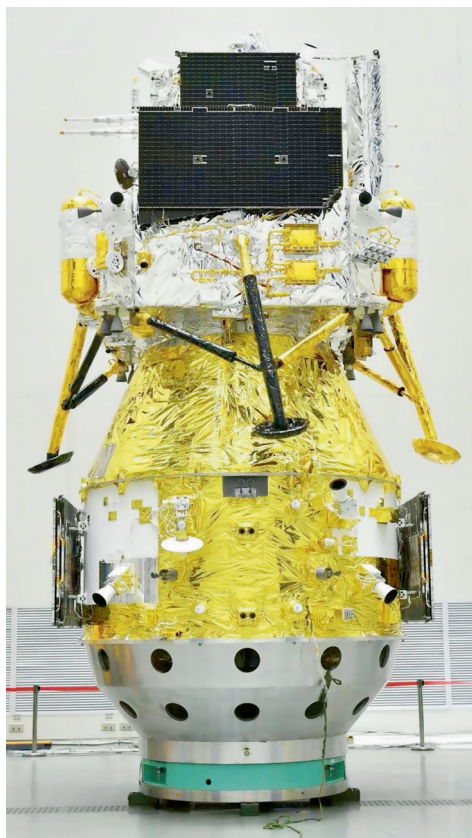
- Прибор для регистрации отрицательных ионов NILS (Negative Ions on Lunar Surface) Шведского института космической физики при поддержке ЕКА. Инструмент представляет собой масс-спектрометр, который должен измерять концентрации различных ионов во время спуска с орбиты на лунную поверхность, а также в течение 30 минут после посадки.

Еще одним прибором «Чанъэ-6» должен был стать российско-китайский детектор водного льда в грунте Луны, однако от его установки на посадочном аппарате пришлось отказаться вследствие бюрократической задержки проекта.

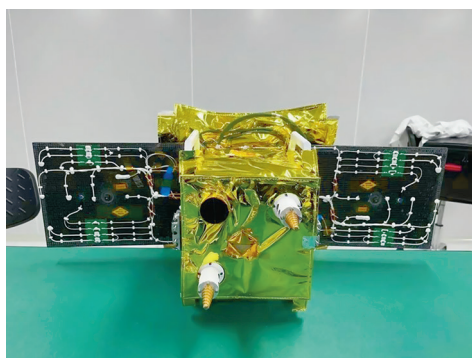
Кроме того, орбитальный аппарат доставил на окололунную орбиту **наноспутник ICUBE-Q** Пакистанского института космической техники PIST в Исламабаде, оснащенный автономной системой ориентации, двумя камерами 1280×720 пикселей для съемки лунной поверхности и процессором бортовой обработки изображений. Второе имя аппарата – *Qamar*; интересно, что на запуске пакистанскую команду представлял профессор Камар-уль-Ислам.

Впрочем, пакистанский аппарат откликается и на китайское имя «Сыюань-2» (*Siyuan 2*), а точнее, на забавную комбинацию латинских букв и китайских иероглифов SJTU思源二号. Аббревиатура латиницей является сокращенным наименованием Шанхайского университета «Цзяотун», который и является фактическим разработчиком КА.

Его цель – летная квалификация платформы и системы связи X-диапазона для наноспутника на окололунной орбите. Масса КА вместе с устройством фиксации и отделения – 9 кг, в том чис-



Комплекс «Чанъэ-6» в сборе на переходнике. Луноход виден вверху слева. Фото: CNSA



КА ICUBE-Q. Фото: CCTV

ле самого спутника – 6.5 кг. Чтобы вписаться в жесткие ограничения, разработчики использовали ультралегкие

конструкционные материалы – специальный магниевый сплав и сотовый углепластик.

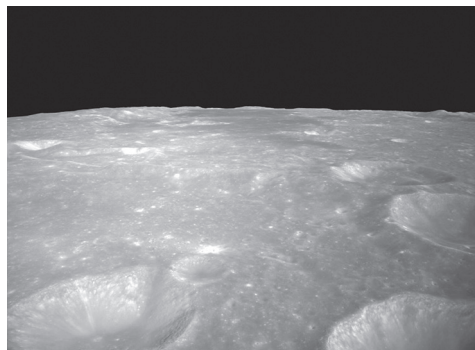
ДО ЛУНЫ И ОБРАТНО ЗА ПОЛТОРА МЕСЯЦА

Комплекс «Чанъэ-6» был запущен носителем CZ-5 с космодрома Вэньчан 3 мая 2024 г. в 17:29 пекинского времени (09:29 UTC) и через 37 минут выведен на сильно вытянутую эллиптическую орбиту с перигеем 200 км и апогеем около 380 000 км вблизи Луны.

8 мая в 10:12 с использованием маршевого двигателя YF-37 на орбитальном аппарате «Чанъэ-6» успешно выполнил торможение у Луны и вышел на начальную эллиптическую орбиту ее спутника расчетной высотой 200×8600 км с 12-часовым периодом обращения. На ней в 16:15 был отделен попутный пакистанский спутник ICUBE-Q.

9 мая в 10:56 «Чанъэ-6» снизил высоту в апоселении до 2200 км, а период – до 4 часов. 21 мая в 22:27 был выполнен второй маневр с выходом на рабочую околокруговую орбиту наклонением 137° , высотой около 200 км и периодом обращения 128 мин.

Расстыковка орбитального и посадочного комплексов состоялась 30 мая,



Кадр посадочной камеры на подходе к зоне посадки. Фото: CNSA

но время ее почему-то не было названо. 31 мая посадочный комплекс провел коррекцию и снизил перицентр до 15 км, чтобы затем с этой отметки начать спуск на Луну.

2 июня в 06:09 под контролем Земли через спутник-ретранслятор «Цюэцяо-2» на посадочном аппарате был включен на торможение двигатель YF-36A. Он успешно погасил орбитальную и вертикальную скорость движения, и в 06:23 пекинского времени посадочный аппарат совершил посадку в заданном районе на дне кратера Аполлон, в точке с координатами 41.6384° с.ш., 153.9855° з.д., на вспаханном метеоритной бомбардировкой лавовом поле возрастом 3.1 млрд лет.

Эти координаты не объявлялись официально и были определены любителями путем сопоставления видеозаписи камеры LCAM с опознаваемыми элементами рельефа на американской лунной карте, поэтому последняя цифра широты и долготы ненадежна. 7 июня район посадки был снят американским спутником LRO с пространственным разрешением 0.85 м, и его команда обнаружила «Чанъэ-6» на гребне 50-метрового кратера в точке 41.6385° с.ш., 153.9852° з.д., лежащей на отметке 5256 м ниже средней лунной поверхности. Наконец, на карте китайского проекта «Чанъэ-2» этой же точке соответствовали координаты 41.6252° с.ш., 153.9780° з.д., что говорит о довольно заметном отличии используемых в КНР и США координатных сеток – расхождение достигает 150 метров.

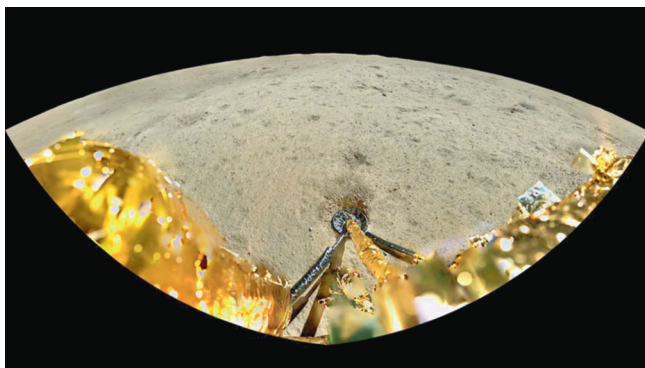
В течение 2 и 3 июня посадочный аппарат выполнил забор колонки грунта буровым устройством и материала с поверхности с использованием манипулятора и ковша. Гибкий цилиндрический «рукав» и малый контейнер с насыпными образцами были последовательно перегружены в контейнер

взлетного аппарата. Мини-атюрный луноход массой 5 кг – по существу, мобильная камера на четырехколесном шасси – отошел на несколько метров от «Чанъэ-6» и заснял со стороны аппарат с поднятым манипулятором и с китайским красным флагом.

4 июня в 07:38 взлетный аппарат «Чанъэ-6» стартовал с Луны и примерно через шесть минут вышел на расчетную окололунную орбиту высотой 15×180 км и развернул свои солнечные батареи. В течение двух суток он выполнил четыре маневра, догоняя орбитальный аппарат и постепенно поднимаясь к нему.

6 июня орбитальный аппарат произвел автоматическое сближение со взлетным и в 14:48 пекинского времени выполнил захват за три скобы стыковочного устройства. К 15:24 контейнер с грунтом перегрузили в возвращаемый аппарат, после чего взлетный аппарат с элементами стыковочного устройства был отделен. Дальнейшая судьба его достоверно неизвестна, но весьма вероятно, что он, как и в полете «Чанъэ-5», был сведен с орбиты и разбился о поверхность Луны.

Момент отлета к Земле был выбран вблизи летнего полнолуния, когда Луна имеет наиболее отрицательное склонение. Поэтому в течение еще 13 суток орбитальный комплекс



Мозаика кадров панорамной камеры, вид на север. В середине на горизонте виднеется вал кратера Чаффи. Фото: CNSA



Манипулятор взял порцию грунта. Кадр из телерепортажа



«Чанъэ-6» на Луне. Кадр с мобильной камеры. Фото: CNSA

обращался вокруг Луны, сделав две коррекции орбиты – 9 и 10 июня. По данным радионаблюдений канадского любителя Скотта Тилли, до 10 июня орбита имела среднюю высоту 220 км, а к 14 июня аппарат поднялся до 250 км при наклонении 152.55°.

19 июня орбитальный аппарат провел первый, а спустя сутки – второй маневр отлета с окололунной орбиты. Китайская сторона не сообщила даже о самом факте отлета, любительские определения промежуточной орбиты нам неизвестны. Если считать, что баллистическая схема была аналогична использованной в декабре 2020 г., то первый импульс поднял апоцентр примерно до 5700 км, увеличив период обращения до 8 часов, а второй вывел аппарат на траекторию полета к Земле. На этапе перелета была проведена лишь одна коррекция траектории «Чанъэ-6», обеспечившая вход в земную атмосферу в заданном районе и под правильным углом.

До возвращения китайский аппарат наблюдался радиолюбителями и оптическими обсерваториями в южных широтах (Бразилия, Италия, ОАЭ) на геоцентрической орбите наклонением 41.9° с большой полуосью 199 100 км (т. е. высотой примерно $200 \times 385\,200$ км) и периодом обращения 10.2 суток. На территории России отличилась обсерватория Кубанского го-

сударственного университета, где вечером 23 июня на 20-дюймовом рефлекторе засняли «Чанъэ-6» как объект 15^m.

Посадочная зона в хошуне Сыцзыван Автономного района Внутренняя Монголия была объявлена Китаем 20 июня и представляла собой прямоугольник длиной 195 км и шириной 110 км.

Заключительный этап полета сопровождался прямым репортажем китайского телевидения. 25 июня около 13:20 пекинского времени Пекинский центр управления полетом через одну из наземных станций заложил на борт навигационные параметры для последующих операций. (Скорее всего, это была станция ЕКА Маспаломас на Канарских островах, как и в полете «Чанъэ-5».) В 13:22 на высоте около 5000 км над Южной Атлантикой прошло отделение возвращаемого аппарата, а орбитальный аппарат немедленно выдал разгонный импульс четырьмя двигателями тягой по 25 Н, чтобы уклониться от входа в атмосферу. Его ждет дополнительная программа полета, как и спутник-ретранслятор «Цюэцяо-2», который сосредоточится на научных задачах вплоть до прибытия к Луне «Чанъэ-7».

В 13:41 возвращаемый аппарат вошел в плотные слои земной атмосферы на высоте около 120 км со скоростью 11.2 км/с. Возвращаемый аппарат успешно выполнил управляемый спуск с подскоком над Индийским океаном и повторным погружением. Его движение сопровождали камеры китайских наземных средств, таких как оптико-электронный теодолит GJ-1109. Рассеивание тепловой энергии обеспечила донная абляционная теплозащита, отличающаяся от примененной на «Чанъэ-5» более низкой массой.

В 13:57 по окончании этапа гашения скорости на высоте 10 км была введена парашютная система. В 14:07:20 пекинского времени под камерами вертолетов поисково-спасательной

Образцы лунного вещества, взятого «Чанъэ-6». Фото: CCTV.com



службы аппарат произвел мягкую посадку в точке с объявленными координатами 42.3411° с.ш., 111.4156° в.д. Она находилась всего в 1.85 км от места приземления «Чанъэ-5» 16/17 декабря 2020 г. – весьма наглядное свидетельство точности баллистических расчетов и исполнения посадочных операций!

Спасатели прибыли через 4 минуты и выполнили на месте приземления осмотр и пассивацию аппарата, после чего он был упакован в специальный чехол для доставки в Пекин.

Контейнер с лунным веществом был извлечен из возвращаемого аппарата во второй половине дня 26 июня. А еще два дня спустя было официально объявлено, что «Чанъэ-6» доставил 1935.3 грамма лунного грунта (позже было уточнено, что с поверхности было взято 1610 г, а буровая колонка «потянула» на 325.3 г). Утром 28 июня в Пекине глава Китайской национальной космической администрации Чжан Кэцзянь передал контейнер с образцами вице-президенту Китайской АН Дину Чибяо. Через час они были доставлены в актовЫй зал Национальной астрономической обсерватории, а оттуда – в Лабораторию лунных образцов. В соответствии с планом китайские исследователи обеспечат хранение и проведут обработку доставленного вещества, а затем приступят к его исследованию.

«Миссия «Чанъэ-6» представляет собой важный этап в истории изучения Луны человеком, и она станет вкладом в более полное понимание эволюции Луны, – сказал исследователь Института геологии и геофизики Китайской АН Ян Вэй. – Новые образцы неизбежно принесут новые открытия... Китайские ученые с нетерпением ждут возможности внести свой вклад в науки о Луне».

Председатель КНР Си Цзиньпин 25 июня направил участникам китайской лунной программы поздравительную



Обгоревший ВА на месте приземления.
Фото: ИА «Синьхуа»

телеграмму в связи с успешным выполнением миссии «Чанъэ-6». За посадкой лунного аппарата в Пекинском центре управления полетами наблюдали член Постоянного комитета Политбюро ЦК КПК, вице-премьер Госсовета КНР Дин Сюэсян и член Политбюро ЦК КПК, вице-премьер Госсовета КНР Чжан Гоцин, который и огласил поздравление главы партии и государства.

Итак, за 20 лет Китай прошел путь от первого спутника Луны с ограниченными научными задачами до регулярной работы луноходов на видимой и обратной стороне и автоматической доставки грунта. Все предпринятые в рамках этой программы старты к Луне, а их было девять, были полностью успешны.

Подробнее о ходе миссии можно узнать из статей И.А. Лисова:

25.06.2024 Возвращение «Чанъэ-6»
<https://novosti-kosmonavtiki.ru/articles/204818/>

05.06.2024 «Чанъэ-6»: грунт взят!
<https://novosti-kosmonavtiki.ru/articles/204600/>

10.05.2024 За грунтом с невидимой стороны
<https://novosti-kosmonavtiki.ru/articles/204311/>

20.03.2024 Второй «Сорочий мост» и два «Тяньду»
<https://novosti-kosmonavtiki.ru/articles/203837/>

О Е.П. ЛЕВИТАНЕ К 90-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ

Летом 2024 г. исполнилось бы 90 лет со дня рождения Ефрема Павловича Левитана, важнейшего человека в судьбе нашего журнала. С самого основания «Земли и Вселенной» и до своего ухода из жизни в 2012 г. он был заместителем главного редактора журнала и фактически был (являлся) его руководителем.

О Ефреме Павловиче, его вкладе в дело популяризации астрономии и космических исследований вспоминают его коллеги, работавшие и работающие в редакции журнала в разные периоды его существования.

DOI: 10.7868/50044394824040066



Фото предоставлено родными
Е.П. Левитана

12 июля 2024 г. исполнилось бы 90 лет Заслуженному работнику культуры Российской Федерации, Заслуженному работнику академического книгоиздания России доктору педагогических наук Ефрему

Павловичу Левитану – не одно десятилетие работавшему в должности заместителя главного редактора (на деле многие годы он был Главным редактором) нашего любимого научно-популярного журнала Президиума РАН «Земля и Вселенная». Сотрудники редакции, работавшие под его руководством многие годы, помнят его высокий профессионализм, талант педагога, руководителя и просветителя.

Журнал был особым детищем писателя и педагога Е.П. Левитана, над его формированием и наполнением он трудился в течение 48 лет.

«В начале 1960-х годов я работал ученым секретарем ВАГО при Академии наук СССР. Среди задач, которые решало ВАГО, была и популяризация астрономии и наук о Земле. Для решения этой задачи необходимо было создать соответствующий научно-популярный журнал. Им и стал журнал “Земля и Вселенная”, который является научно-популярным журналом президиума Российской академии наук», – вспоминал Ефрем Павлович.

«Земля и Вселенная» выходит в свет уже почти 60 (!) лет, начиная с 1965 года, несмотря на большие сложности, возникшие

в связи с реорганизацией издательства «Наука».

Радует, что многие читатели являются подписчиками нашего журнала не одно десятилетие, начиная с первых его выпусков, и не расстанутся с изданием. И в этом, несомненно, большая заслуга Ефрема Павловича: при его непосредственном участии были определены просветительские цели и задачи нового издания, сформировался коллектив сотрудников редакции (практически все работали здесь по 10 лет и больше). Думаю (и даже уверена) в том, что каждый из нас в той или иной степени прошел «школу» Левитана: Ефрем Павлович учил нас в первую очередь своим примером трудолюбию, ответственному отношению к делу, которым мы сообща занимались, помогая добиваться в работе поставленных целей. Мы старались соответствовать и, думается, – не подводили его!

В состав редакционной коллегии были приглашены и плодотворно сотрудничали с редакцией в качестве авторов и рецензентов статей лучшие представители ведущих институтов Академии наук, руководители космической отрасли, отряда космонавтов; некоторые из них – в строю до сих пор. Сердечно благодарим их и желаем всем крепкого здоровья!

Приятно видеть, что усилиями Главного редактора журнала академика Льва Матвеевича Зелёного, нынешнего коллектива редакции и Редакционной коллегии журнал «Земля и Вселенная» не теряет своих высоких позиций, отражающихся в интересных и разнообразных публикациях; имеет приличный на сегодня тираж. Приятно отметить, что четыре года назад значительно улучшилась полиграфия издания: читателей радуют, помимо достойного содержания, новый дизайн, привлекательные цветные выпуски на качественной бумаге!

Желаем нашему любимому журналу «Земля и Вселенная» дальнейших успехов – еще долгие годы высоко нести зна-



После награждения почетным знаком «За заслуги в космонавтике» Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского. 10 июня 2008 г. Фото: С.А. Герасютин



У стенда издательства «Наука» на книжной выставке 12 марта 2008 г. Фото: С.А. Герасютин

мя российской науки, расширять читательскую аудиторию и соответствовать непростым технологическим вызовам времени!

Рябцева Людмила Владимировна, в 1993 - 2005 гг. - младший редактор, в 2016 - 2019 гг. - литературный редактор и заведующая редакцией журнала "Земля и Вселенная"

ПАМЯТИ ЕФРЕМА ПАВЛОВИЧА ЛЕВИТАНА

DOI: 10.7868/S00044394824040078

Вспоминая моего учителя и наставника Ефрема Павловича Левитана (1934–2012), с 1964 г. до своего ухода из жизни бессменного руководителя редакции нашего журнала – одна из главных его заслуг, мне хотелось бы отметить его организаторский талант и энтузиазм в стремлении через печатное слово донести глубокие научные знания до российского читателя, особенно в области астрономии. Благодаря Ефрему Павловичу журнал стал интересным, увлекательным и пользовался большим спросом не только среди ученых и специалистов (в 1960-е – 1980-е гг. публиковаться здесь было весьма престижно), но и среди молодых энтузиастов астрономии в школах, вузах, астрономических кружках. Е.П. Левитан был уникальным педагогом, человеком высокой культуры, наделенным мно-

гогранным талантом, общепризнанным специалистом в области школьного астрономического образования, одним из старейших и ярких популяризаторов астрономии в нашей стране. Он пользовался безусловным авторитетом у научной и педагогической общественности. Работу в журнале постоянно совмещал с научно-педагогической, образовательной и писательской деятельностью, проявив себя в этой области талантливым журналистом и писателем.

Е.П. Левитан был удостоен звания доктора педагогических наук (единственный в России по проблемам школьного астрономического образования), а также академика Российской академии естественных наук и Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского, был членом Союза писателей России, Союза журналистов Москвы, специализированного диссертационного Ученого совета при Московском государственном педагогическом университете, Ученого совета Московского планетария и Совета по подготовке астрономических кадров при АН СССР.

Ефрем Павлович родился 12 июля 1934 г. в Днепропетровске (УССР). С детства он увлекся астрономией – небо на Украине почти всегда безоблачное, часто наблюдал Млечный Путь, и с этой звездной дороги впоследствии ни разу не свернул. Его родители работали в авиационной промышленности, поэтому во время войны семья находилась в эвакуации в Саратове. Когда ситуация

*Е.П. Левитан в домашней обстановке.
На втором плане в шкафу его книги.
14 апреля 2004 г.*



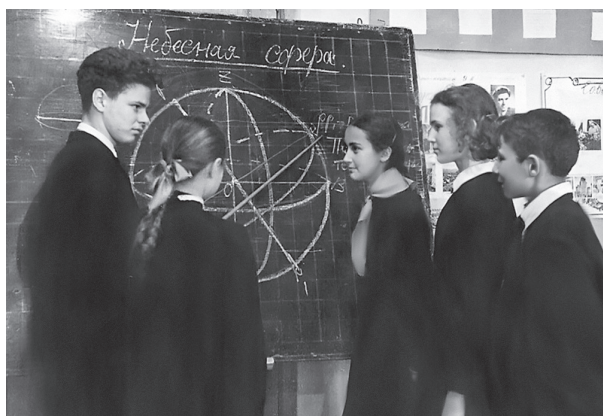
на фронтах изменилась, родителей перевели в подмосковный Жуковский, где Рёма окончил в 1951 г. среднюю школу № 1. Сотни сказок, импровизируя, он почти ежедневно рассказывал своим сверстникам по их просьбам в детском саду и начальной школе. Став взрослее, попытался написать роман «Завоеватель планет» о полете людей на Марс и случившимися там таинственными, детективными и даже любовными приключениями... Увлечение астрономией, порожденное прекрасными книгами Камиля Фламариона, оказалось неистребимым, оставшимся на всю жизнь. «В конце 1940-х гг. я был старшеклассником, страстно увлекавшимся астрономией. От этой страсти мне не удалось излечиться до сих пор», – вспоминал Ефрем Павлович.

Занимаясь в астрономическом кружке при Московском планетарии (об этом кружке — “ровеснике” Е. П. Левитана можно прочитать в следующей статье), он мечтал создать такой в своем городе. 15-летнего школьника поддержала учительница физики Мария Николаевна Каск, руководитель кружка Москов-

ского планетария. В 1949 г. он организовал уже легендарный астрономический кружок в Жуковском, ставший филиалом № 1 Московского планетария, которым руководил на протяжении многих лет после окончания школы. Ныне этот кружок носит имя своего создателя. Кружок работал по четырехгодичной авторской программе в течение 15 лет, его высоко оценил в свое время член-корреспондент АН СССР П.П. Паренago. В 1997 г. кружок был воссоздан, и снова возглавил его школьник – Михаил Кузнецов. Члены кружка постоянно занимают первые и призовые места на олимпиадах всех уровней. В 1950 г. в Пятигорске Е.П. создал еще один кружок, работавший несколько лет, ему помогали им руководить известные московские астрономы, преподаватели и популяризаторы науки М.Е. Набоков, В.А. Шишаков, Ф.Ю. Зигель, К.А. Порцевский.

В 1955 г. Ефрем Павлович окончил с отличием физико-математический факультет МГПИ им. В.П. Потёмкина, где был студентом у астрономов Б.А. Воронцова-Вельяминова и М.М. Дагаева. Свою педагогическую деятельность он

Занятия астрономического кружка проводит Рёма Левитан. Справа – телескопические наблюдения. 1950–1954 гг.



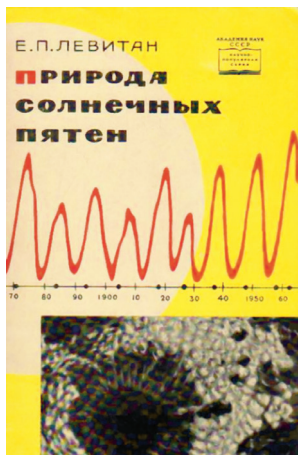


Аспирант Е.П. Левитан. 1963 г.

начал в 1954 г., работая учителем физики и астрономии в школе № 125 г. Москвы, с перерывами преподавал в общеобразовательных учреждениях до 2006 г. Работу с детьми считал одним из самых важных направлений своей деятельности. С 1961 г. учился в аспирантуре в МГПИ им. В.И. Ленина (научный руководитель – профессор Р.В. Куницкий), в 1966 г. защитил кандидатскую диссертацию, в 1991 г. – докторскую – по проблемам школьного астрономического образования в НИИ средств обучения и учебной книги АПН СССР. Диссертация была представлена в виде научного доклада, отразившего его уже многочисленные к тому времени публикации, и была первой в нашей стране докторской на эту тему. Е.П. оставался до конца ведущим российским специалистом в данной области.

В 1960–1975 гг. Ефрем Павлович преподавал методику астрономии в Мос-

ковском городском институте усовершенствования учителей (в том числе в должности и.о. профессора). По его методическому пособию «Методика преподавания астрономии в средней школе» (1965) более 25 лет обучались студенты ведущих педагогических институтов нашей страны и работали учителя. Он был инициатором организации преподавания астрономии и в средних производственно-технических училищах. Первая его книга «Природа солнечных пятен» вышла в 1964 г., затем «Астрофизика – школьникам» (1977). Он составил программу и подготовил оригинальный учебник «Астрономия» (1979, 1983, 1988), который в 2003 г. переиздали в виде пособия по самообразованию («Краткая астрономия»), и книги для преподавателей астрономии: «Преподавание астрономии в средних ПТУ» (1974, 1977) и «Основы обучения астрономии» (1987). В 1990 г. подготовил программу лекций-консультаций для учителей в Московском институте повышения квалификации работников народного образования, в 2003 г. выдвинул свою концепцию школьного астрономического образования, в 2005 г. издал методическое пособие «Книга для учителя». Е.П. Левитан – автор основного учебника «Астрономия-11» 1994 г., который выдержал 12 переизданий (в 2007 г. вышло 12-е издание), до сих пор он используется педагогами для преподавания астрономии в российских школах или в качестве факультатива, им разработана программа для 10–11 классов «Вселенная человека», а книга «Твоя Вселенная. Книга для любителей необычных путешествий» (1995, 2007) стала уникальным учебным пособием. В 2005 г. разработал авторский проект «Моя Вселенная» для детей старшего дошкольного возраста, подобного в России никогда не было! Ефрем Павлович всячески старался реанимировать систему астрономического образования. В 2009 г. в Международный



Книга Е.П. Левитана «Природа солнечных пятен» (1964) и учебник «Астрономия-11» (2007)

год астрономии даже писал письма Президенту и в Министерство образования РФ с просьбой изменить отношение к астрономии и естественнонаучному образованию в целом: «Восстановить разрушенную систему астрономического образования в педагогических университетах, обеспечивающих подготовку преподавателей физики и астрономии, естественных наук, а также учителей начальной школы по этим направлениям. Включить в качестве обязательного школьного предмета в старших классах курс “Астрономия и космонавтика” как завершающий физико-математическое и философско-мировоззренческое образование выпускников российских школ».

Е.П. Левитан так обозначил актуальность проблемы детско-юношеского образования: «В детстве и юности формируются личность человека и его мировоззрение, определяющее отношение к внешнему миру и к самому себе. Здесь немаловажное значение имеет астрономическая грамотность, способствующая расширению кругозора молодого человека, дающая ему возможность ощутить свою связь с Вселенной и воспитывающая ответственность за сохранение уникальной природы нашей планеты. Знание основ астрономии необходимо каждому культурному человеку. Астро-

номия раскрывает картину мира, в котором мы живем, формирует мировоззрение подрастающего поколения».

Неоценимым вкладом в дело школьного преподавания и общего просвещения стали его монографии «Физика Вселенной» (1976, 2011), «Эволюционирующая Вселенная» (1993), «Дидактика астрономии» (2004) и «Вселенная школьника XXI века» (2007; приложения к этой книге содержат авторские программы факультативных курсов по астрономии для школьников с I по XI класс). Он автор многих учебных программ, методических руководств и факультативных курсов, содержащих концепцию формирования и развития астрономических понятий у детей от дошкольного возраста до выпускного класса общеобразовательной школы. Ефрем Павлович считал, что про Вселенную и ее устройство надо рассказывать, начиная с младших классов, чтобы у детей формировалось правильное понимание устройства картины мира.

Огромную роль сыграл Е.П. Левитан в развитии любительской астрономии, неизменно сочетая это с преподаванием, чтением лекций и другой просветительской деятельностью. В 1960–1964 гг. он работал штатным Ученым секретарем Центрального совета одной из самых авторитетных организаций науки –



Учебное пособие Е.П. Левитана «Твоя Вселенная. Книга для любителей необычных путешествий» (1995), его монографии «Физика Вселенной» (1976) и «Дидактика астрономии» (2004)



Доктор педагогических наук Е.П. Левитан.
Конец 1990-х гг.

Всесоюзного астрономо-геодезического общества при АН СССР и уделял особое внимание развитию учебно-методической работы (вместе с В.В. Радзиевским и А.Б. Маринбахом), которая проводилась в десятках городов нашей страны, а также развитию любительской астрономии (вместе с В.А. Бронштэном и Б.Г. Пшеничнером) и любительского телескопостроения в СССР (вместе с М.М. Шемякиным). Многие годы Е.П. Левитан активно участвовал

в работе Всесоюзного общества «Знание», являясь членом бюро Научно-методического совета по пропаганде астрономии и космонавтики (этот Совет возглавлял академик В.П. Глушко) и членом Научно-методического совета Московской организации общества «Знание». Ефрем Павлович постоянно выступал с лекциями и докладами на объединенных встречах учителей физики и астрономии, на совещаниях руководителей школ в Москве и во многих других городах, вел передачу на радио.

На протяжении нескольких десятилетий деятельность Е.П. Левитана была связана с Московским планетарием, где он прошел путь от экскурсовода до одного из ведущих лекторов-методистов и члена Ученого совета Планетария. Его прекрасные лекции в Звездном зале помнят сегодня множество москвичей и гостей столицы. В работу по реконструкции Московского планетария в 2003–2011 гг. он включился в самом ее начале и в качестве члена Ученого совета принимал участие в подготовке его долгожданного открытия 12 июня 2011 г., на котором выступил с приветственной речью.

С 1964 г. и до конца жизни основным местом его деятельности оставалось издательство «Наука» РАН. Е.П. Левитан не только возглавлял коллектив редакции нашего журнала на протяжении 48 лет (!), но и был одним из создателей 18 сентября 1964 г. этого тогда широко известного и уважаемого периодического издания вместе с первым главным редактором профессором Дмитрием Яковлевичем Мартыновым (тогда директором ГАИШ МГУ), которого на этом посту сменил член-корреспондент РАН В.К. Абалкин). Эту дату каждый год мы всегда отмечали в редакции, как день рождения нашего журнала (№1 журнала вышел в начале 1965 г.). В разное время членами редакционной коллегии журнала и авторами статей были выдающиеся отечественные ученые: Нобелевский лауреат академик В.Л. Гинзбург, академики АН СССР и РАН В.Г. Фесенков, В.А. Амбарцумян, А.Б. Северный, В.П. Глушко, Б.В. Раушенбах, А.П. Виноградов, Я.Б. Зельдович, С.Н. Вернов, Р.А. Сюняев, Н.С. Кардашёв, Б.Е. Черток, А.А. Боярчук, В.А. Котельников, М.И. Будыко, Б.Н. Петров, А.И. Опарин, А.М. Черепашук, В.М. Котляков, О.Г. Газенко, В.Е. Фортов, М.Я. Маров, Л.М. Зелёный, члены-корреспонденты

Лектор-методист Московского планетария Е.П. Левитан (в центре, слева от него доктор технических наук, профессор Г.А. Полтавец) среди учеников астрономического кружка. 1980-е гг.



Е.П. Левитан в редакции журнала «Земля и Вселенная». Март 2009 г.

АН СССР И.С. Шкловский, И.Д. Новиков, Г.С. Голицын, Б.М. Шустов, доктора физико-математических наук Д.Я. Мартынов, К.И. Чурюмов, К.Д. Бушуев, В.И. Мороз, Г.С. Бисноватый-Коган, Ю.Н. Гнедин, В.Г. Курт, Л.В. Ксанфомалити, В.В. Шевченко, Л.И. Матвеевко, М.И. Панасюк, М.Г. Ревнивцев, С.А. Язев, один из пионеров космонавтики А.А. Штернфельд, космонавты Ю.А. Гагарин, Г.С. Титов, А.А. Леонов, К.П. Феоктистов, популяризаторы науки Б.А. Воронцов-Вельяминов, С.Б. Пикельнер, Л.М. Гиндилис, В.С. Губарев и др. Благодаря известности и высокой оценке деятельности Е.П. Левитана на страницах журнала печатались светила зарубежной науки Э. Хьюиш (Великобритания), Д. Офферман (Германия), Р. Руффини (Италия), Я.Х. Оорт (Нидерланды), К. Торн, Дж. Хербиг, Ф. Дайсон, К. Саган, Дж. Уиллер (США), О. Дольфус (Франция), Х. Альвен (Швеция), Я. Эйнасто (Эстония). Например, в журнал были опубликованы статьи о передовых открытиях в науке: Э. Хьюиша «Пульсары», С.Б. Пикельнера «Спиральные ветви галактик и их магнитное поле», И.С. Шкловского «Пульсары как астрономические объекты», В.А. Амбарцумяна «Нестационарные объекты во Вселенной и их значение для космогонии», И.Д. Новикова «Темные объекты и темная материя», А.Б. Северного



Участник Астрофеста Е.П. Левитан на фоне стенда журнала «Земля и Вселенная». Май 2009 г.
Фото: С.А. Герасютин



Редакция журнала «Земля и Вселенная»: оператор ПК Н.Н. Токарева, заведующий отделом наук о Земле В.А. Маркин, заведующий отделом космонавтики С.А. Герасютин, литературный редактор О.Н. Фролова, заместитель главного редактора доктор педагогических наук Е.П. Левитан, заведующая отделом астрономии Г.Н. Яшина, заведующая редакцией Г.В. Матросова. 2007 г.

«Гелиосейсмология», К. Торна «Гравитационный коллапс», Р. Руффини, Дж. Уилера «Знакомьтесь: черная дыра», Я.Б. Зельдовича «Релятивистская астрофизика и теория тяготения» и др.

Ефрем Павлович нес это тяжкое бремя ради науки и благодаря поддержке астрономической общественности, многих любителей космонавтики. Мимо его зоркого глаза редактора не проходило содержание ни одной новой статьи. Они сам часто договаривался с авторами. А деликатное отношение к авторам даже при критике создавало всегда наиболее эффективную творческую атмосферу для такого сотрудничества (что бывает не часто!). Ефрем Павлович многие ответственные статьи сам редактировал и помогал мне с особенно трудными текстами, инициировал создание обзоров и серий статей. Он также занимался пропагандой журнала на различных площадках, в том числе выступал на телевидении, на страницах других журналов и в сборниках. В 1990-х – 2000-х гг. журнал пережил нелегкие времена, отменили гонорары авторам, в киосках перестали продавать, росла его стоимость и постоянно сокращалась подписка, дошедшая в 2010-х гг. до нескольких десятков подписчиков. Но Ефрем Павлович не падал духом, заражая нас своим оптимизмом, когда трудно было достать нужную статью, шутил: «Нынче надо вынимать статью из горла каленым железом». Ефрем Павлович считал, что читателям будут интересны самые разнообразные темы, поэтому в журнале можно было найти статьи о проблемах экологии, международных программах, экспедициях и исследованиях, научных форумах и институтах, философских проблемах, зарубежной астрономии и космонавтике, обсерваториях, планетариях, космодромах мира, музеях и выставках, проблеме SETI. В каждом номере помещались биографии людей науки (всего более 400), помимо этого публика-

лись рассказы по истории астрономии, научные гипотезы, интервью с учеными и космонавтами. Вместе с ним мы подготовили в 2001 г. к 40-летию полета Ю.А. Гагарина серию биографических статей первых 100 отечественных космонавтов, на основе которых в 2001 г. вышла книга «России звездные сыны: малая энциклопедия космонавтики (научный редактор Л.В. Голованов; 2-е издание, дополненное – 2007 г.)». Мне он поручил постоянно публиковать обзоры полетов межпланетных станций и кораблей «Спейс Шаттл», экспедиций на МКС и таблицы запусков космических аппаратов, которые выходили в 1998–2015 гг. Несмотря на трудности, проводились заседания редколлегии, встречи с авторами, выездные лекции и презентации журнала на различных форумах, в том числе Астрофесте. Благодаря высокому авторитету Е.П. Левитана, поддержке общественности и отлаженной работе, а также по его поручению мне удалось продолжить его дело – журнал регулярно выходил и после смерти своего создателя. Многие астрономы, как любители, так и профессионалы, воспитывались на нашем журнале, восторженно относились к нему, долгие годы поддерживали отношения с Ефремом Павловичем, вспоминают его добрым словом.

Работу в нашем журнале Ефрем Павлович постоянно совмещал с научно-педагогической и писательской деятельностью, проявив себя в этой области талантливым журналистом и автором почти необъятного количества популярных книг для юношества и особенно для детей. Общий список собственных публикаций 1959–2011 гг. Е.П. Левитана включает более 750 наименований: учебных пособий, книг, брошюр, статей, заметок, серий учебных таблиц, диапозитивов и диафильмов. Многие издания для детей переиздаются до сих пор, и спрос на них неизменно растет. Например, в 2010 г. в издательстве «Дрофа» для



Настенная карта для внеклассных занятий, кружков и планетариев «Другие галактики», подготовленная Е.П. Левитаном. 2010 г.



Книжки-сказки Е.П. Левитана: «Малышам о звездах и планетах» (1981), «Алька в Солнечном королевстве» из трилогии (1999), «Сказочные приключения маленького астронома» (1990)

внеклассных занятий, кружков и планетариев выпущена серия из 8 настенных карт «Солнечная система», «Луна», «Планеты земной группы», «Планеты-гиганты», «Малые тела Солнечной систе-

мы», «Солнце», «Звезды», «Наша галактика», «Другие галактики». На протяжении многих лет, начиная с 1974 г. в журналах «Наука и жизнь», «Земля и Вселенная» публиковались его статьи для взрослых

и юных любителей астрономии, а также по проблемам школьного образования.

Ефрем Павлович был отличным популяризатором астрономии и космонавтики. Он написал ярким и живым языком, просто и увлекательно множество книг для детей и взрослых, в которых рассказывается об исключительно сложных вещах, связанных с современными научными представлениями об основах мироздания и устройстве Вселенной, о звездах и планетах, поэтому они пользуются неизменным спросом, вызывая живой интерес. Эти книги не просто приносят знания, но и помогают влюбиться в эти знания. Первая книга-сказка «Малышам о звездах и планетах» неоднократно переиздавалась на русском (четыре издания – 1981, 1986, 1990, 1995) и более чем десяти иностранных языках. Спустя много лет она трансформировалась в трилогию по занимательной астрономии о сказочных приключениях Альки и его друзей «Алька в Солнечном королевстве», «Как Алька с друзьями планеты считал» и «Странствия Альки и гномов по Млечному Пути» (1999) с продолжением «Мир, в котором живут звезды» (2015, 2017, 2021, 2023) и великолепны-

ми иллюстрациями художницы Т. Гамзиной-Бахтий. В рекомендации для родителей написано: одна из лучших книг о тайнах звездного неба, эти издания выпущены многотысячными тиражами. Для младших школьников вышла книга «Сказочные приключения маленького астронома» (1990), «Звездные сказки. Моя первая книжка по астрономии» (1994), затем была опубликована «Твоя Вселенная. Астрономия для ребят» (1995), московское издательство «Белый город» выпустило серию из 10 книжек «Астрономия для умных детей» (2005 и 2007 гг.), «Тайны нашего солнышка» (2015), опубликованы своеобразные детские энциклопедии – «Астрономия от А до Я» (1999), «Космонавтика от А до Я» (2000), Как открыли Вселенную» (2004), «Путешествия по Вселенной» (2008), «Беседы с малышами о Вселенной» (2009), «Черные дыры. Космические ужастики» (2010), «Сказочная Вселенная» (2011). Именно такие увлекательные, умные и доступные для детей книжки Ефрема Павловича могут их заинтересовать и увлечь наукой астрономией. Он постоянно общался со своими читателями, выступая перед ними с лекциями и регулярно проводя занятия

Книги для детей «Звездные сказки. Моя первая книжка по астрономии» (1994) и «Путешествия по Вселенной» (2008).



по «сказочной» и «взрослой» астрономии с младшими и старшими ребятами одной из московских школ. Основа этих занятий – чтение и комментирование написанных мною для детей книг. С годами такую непосредственную работу с детьми ему приходилось выполнять все труднее, но прекратить ее не позволяло восторженное отношение ребят, которые они называли занятия «уроками радости».

Е.П. Левитан глубоко интересовался философскими вопросами астрономии, научными и философскими проблемами SETI. Этому уделено внимание в ряде его книг и статей. Он активно содействовал тому, чтобы тематика, связанная с SETI, постоянно освещалась на страницах журнала «Земля и Вселенная», что и делалось, начиная с его первого номера. Ефрем Павлович содействовал также организации Научно-культурного центра SETI при Российской академии космонавтики имени К.Э. Циолковского, членом

которой являлся со времени учреждения этой Академии. Е.П. Левитан был членом Ученого совета Научно-культурного центра SETI, в который он входил, начиная с его первого состава.

В качестве научного туриста и лектора выезжал в Чехословакию, Алжир, Италию, Венгрию и Болгарию.

Деятельность Е.П. Левитана была отмечена многими наградами – медалями СССР и России, ведомственными медалями К.Э. Циолковского, С.П. Королёва и Ю.А. Гагарина, почетными знаками академий (РАЕН, РАКЦ, МАИ), дипломами, почетными и благодарственными грамотами АН СССР и РАН, Министерства просвещения – знаком «Отличник просвещения СССР», Союза журналистов, издательств «Наука» и «Просвещение», был удостоен почетных званий «Заслуженный работник культуры Российской Федерации» и «Заслуженный работник академического книгоиздания России».

Почетный диплом издательства «Наука» за работы по популяризации науки (2012)
и Свидетельство о присвоении имени малой планете № 16516 в честь Е.П. Левитана (2009)





*Е.П. Левитан в День космонавтики
беседует с космонавтами
Ф.Н. Юрчихиным и О.Д. Кононенко.
Мемориальный музей космонавтики.
2008 г.*

В июле 2009 г. по решению Международного астрономического союза его имя носит одна из малых планет 16516 ЕФРЕМЛЕВИТАН, открытая в 1990 г.

Последние годы Ефрем Павлович тяжело болел – приходилось советоваться с ним по статьям в больнице. Последний год он руководил редакцией из дома, несколько раз я приезжал к нему за консультациями по работе редакции и редактированию статей. Е.П. Левитан скончался 31 марта 2012 г., урна с прахом захоронена в Москве в нише колумбария Ваганьковского кладбища.

Мне посчастливилось работать рядом с Ефремом Павловичем, для нас он был не только строгим, требовательным и ответственным редактором, но и добрым и отзывчивым человеком, который за свою жизнь успел сделать много полезного для других, часто и для тех, кто не знал его, но согревался теплом его души. Глубокий след его дел останется не только в памяти, но и отразится в деятельности не одного поколения любителей астрономии и просветителей-популяризаторов этой благороднейшей из наук. Сотрудники редакции и редколлегии, ученики, многочисленные авторы публикаций в журнале «Земля и Вселенная», который был его неизменной любовью и главным детищем, с благодарностью будут помнить Ефрема Пав-

ловича как замечательного человека, чуткого руководителя, деликатного редактора, самоотверженного труженика науки, очень яркую и светлую личность. В 2006 г. кандидат педагогических наук, доцент Н.Н. Гомулина в помощь учителям астрономии начала создавать систему электронной поддержки проведения уроков на основе книг Е.П. Левитана. После его смерти она в память о своем учителе и по его учебной программе выпустила серию компакт-дисков по астрономии: «Открытая Астрономия», «Мультимедиа-библиотека по астрономии» и другие, а также сделала сайт выдающегося ученого и педагога.

Ефрем Павлович несколько раз говорил, что в свое время перед ним был выбор. Первый – стать ученым и всю жизнь заниматься наукой в свое удовольствие, быть на ее фронте, может быть, что-то открыть самому. Второй – стать популяризатором науки, в стороне от открытий, но зато иметь возможность донести эти открытия до тысяч людей и привлечь кого-то из этих тысяч в науку. Ефрем Павлович считал второй вариант благородным выбором, а первый – эгоистичным.

Герасютин Сергей Александрович

АСТРОНОМИЧЕСКОМУ КРУЖКУ МОСКОВСКОГО ПЛАНЕТАРИЯ – 90 ЛЕТ

РУБЛЁВА ФАИНА БОРИСОВНА,

научный директор Московского планетария

ПЕРХНЯК АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ,

*руководитель астрономического комплекса и Обсерватории,
куратор астрономического кружка Московского планетария*

DOI: 10.7868/5004439482404008X

Для Московского планетария 2024 год – дважды юбилейный: 95 лет со дня открытия Планетария и 90 лет со дня основания астрономического кружка – уникальной астрономической школы, воспитавшей не одно поколение астрономов и любителей. Есть еще один очень важный юбилей, без которого не случилось бы два предыдущих – 100 лет назад немецкий инженер оптического завода Карла Цейса в Йене Вальтер Бауэрсфельд (1879–1959) изобрел оптико-механический проектор звездного неба – аппарат «Планетарий» (он также создал первый в мире геодезический купол – знаменитый планетарий в Йене в 1926 г.). Через 6 лет после этого выдающегося изобретения в 1929 г. в Москве был открыт первый в нашей стране и 13-й в мире Московский планетарий, одним из его основателей, первым директором и лектором стал астроном, инженер-конструктор, Герой труда, кандидат физико-математических наук Константин Николаевич Шистовский (1899–1981)¹.

Астрономический кружок появился в Планетарии через 5 лет после его открытия. Он был основан в 1934 г. про-

фессорами К.Л. Баевым и М.Е. Набоковым. Первым руководителем и преподавателем кружка стал астроном, журналист, популяризатор научных знаний, почетный член Всесоюзного астрономо-геодезического общества, кандидат педагогических наук Виталий Алексеевич Шишаков (1893–1972). Вряд ли мог представить себе когда-то гимназист-старшеклассник Виталий Шишаков, сделав на одном из собраний кружка Всесоюзного астрономо-геодезического общества «Знание неба» доклад о Марсе, что воспитание планетарских астрокружковцев станет главной дорогой его будущей судьбы. К моменту открытия кружков Виталий Алексеевич уже был ведущим лектором Планетария и оказывал методическую помощь школе: читал лекции по астрономии и готовил педагогов-инструкторов для проведения самостоятельных астрономических наблюдений со школьниками.

В.А. Шишаков оказал огромное влияние на формирование целей, задач и методики работы в астрономическом кружке, которые содержались в следующем: поддерживать и укреплять интерес к астрономии и занятиям наукой; содействовать в приобретении, расширении и углублении астрономических знаний; обучать методам применения

¹ Первый директор Московского планетария // Земля и Вселенная. 1969. № 5. С. 60–63.

теоретических знаний в практической жизни. Помимо методических задач вставал вопрос и о нуждах планетария: зачем именно ему, не детскому учреждению, нужны кружки? Поэтому была сформулирована и такая задача кружка: растить будущие кадры научных работников, в том числе ведущих сотрудников Планетария. Талантливый популяризатор и педагог, он был не только преподавателем астрономии, но и мудрым, внимательным наставником: «Интерес детей к вопросам астрономии общеизвестен.

Многие дети, ознакомившись даже по популярной статье с какими-либо небесными светилами или явлениями, а иногда после наблюдений затмения Луны или Солнца, буквально воспламеняются желанием узнавать больше и больше. Вот здесь-то им и оказывают помощь и содействие астрономические кружки. Но кружок Московского Планетария обладает особой спецификой. Его нельзя приравнять к обычным кружкам,

которые могут работать в школах, домах пионеров и т.п. Одно только наличие большого демонстрационного Звездного зала с постоянной возможностью показа звездного неба, планет и других светил, и небесных явлений, резко отличает его от всех остальных. Кроме того, при Планетарии имеется астрономическая площадка с большим числом разнообразных приборов и инструментов, среди которых есть превосходные телескопы. Любое занятие кружка может проводиться с использованием наглядных пособий – угломерных инструментов, выставочных экспонатов, приборов для экспериментов и т.д.»

В астрономических кружках Планетария занимались увлеченные наукой ребята. Подобной юношеской астрономической школы не было и нет нигде в мире. Многие выпускники астрономических кружков Московского планетария составляют сегодня цвет и гордость отечественной науки.

В.А. Шишаков с кружковцами. 1930-е гг. Фото из архива Московского планетария



Кружковцы в обсерватории. Конец 1940-х гг. Фото из архива Московского планетария





*Кружковец Саша Гетлинг. Середина 1950-х гг.
Фото из личного архива А.В. Гетлинга*

О том, как повлияли занятия в кружке на выбор профессии, рассказывает в своих воспоминаниях выпускник астрономического кружка 1956 г. Александр Владимирович Гетлинг: «В кружок я пришел в 1954 году. К тому времени я уже интересовался астрономией, у меня были мультфильмы и книги по астрономии. Огромное влияние на развитие моего интереса оказало полное солнечное затмение 1954 года, которое мне довелось наблюдать в Литве, где проходила его полоса. Я не просто наблюдал это редкое явление природы, но и делал разные зарисовки. Результаты наблюдений в виде записей и зарисовок я отправил

*Лектор-методист К.А. Порцевский и кружковец Саша Девятков в обсерватории. 1950-е гг.
Фото из архива Московского планетария*



в Московский планетарий. Вскоре мне пришел ответ с приглашением в Планетарий от В.А. Шишакова, руководителя младшего курса астрономического кружка, в который я и был принят. По окончании среднего кружка нужно было сдавать экзамены по теории и практике обращения с телескопом. Успешно сдавшим экзамены разрешалось вести самостоятельные наблюдения в телескоп и зарисовки Солнца на специальном экране: меня очень интересовало, что там происходит. Несмотря на то, что старший кружок я окончил в 1956 году, я продолжал приходить в Планетарий не только в обсерваторию, но и в Звездный зал. Таким образом, кружок Московского планетария стал естественным выходом моих устремлений к науке и способствовал окончательному выбору дальнейшей профессии». Сегодня А.В. Гетлинг является доктором физико-математических наук и ведущим научным сотрудником НИИЯФ МГУ.

Благодаря ведущим ученым и талантливым педагогам, сумевшим обеспечить все возрастающий интерес молодежи к астрономии и космосу, астрономический кружок Планетария успешно функционировал в течение многих десятков лет. Помимо мощной теоретической базы, ребята получали практические знания на астрономической площадке Планетария, оборудованной всеми необходимыми приборами и инструментами.

С 1950 г. на протяжении 16 лет руководил деятельностью кружков лектор-методист, Заслуженный работник культуры РСФСР, с 1972 по 1987 г. директор Московского планетария Константин Алексеевич Порцевский (1922–2011)².

К 50-летию юбилею астрономических кружков Московского планетария в 1984 г. он опубликовал статью (приводим полный текст):

² Памяти Константина Алексеевича Порцевского // Земля и Вселенная. 2011. № 4. С. 51–53.

«Первый астрономический кружок при Московском планетарии начал свое существование в ноябре 1934 года, когда по инициативе газеты “Пионерская правда” в стенах Планетария собрались два десятка ребят на свое организационное собрание. Первым руководителем кружка был известный популяризатор астрономии Виталий Алексеевич Шишаков.

Что же влекло сюда ребят? Романтика? Любовь к звездам? Страсть к науке? Возможность совершить какое-то необыкновенное открытие? В разные годы интерес был разным. Ребята мастерили самодельные приборы, делали доклады, вели наблюдения небесных светил в телескоп.

В годы Великой Отечественной войны кружок не работал, однако незадолго перед окончанием войны занятия вновь возобновились (под руководством Ивана Федоровича Шевлякова). В 1946 году к руководству кружка пришел Феликс Юльевич Зигель. В послевоенные годы кружок стал быстро расти и превратился в большой коллектив увлеченных астрономией школьников. Он был разделен на три кружка. Младшим школьным (4–7 кл.) руководил В.А. Шишаков, старшим школьным (8–10 кл.) и студенческим – Ф.Ю. Зигель. Кружок имел филиалы даже в Московской области. Первый из них был организован ровно 35 лет назад при школе № 1 города Жуковского учеником 8-го класса Е.П. Левитаном.

Осенью 1953 года произошла реорганизация кружков. Вновь было образовано три кружка: младший – руководитель В.А. Шишаков, средний – руководитель К.А. Порцевский и старший – руководители В.А. Бронштэн и И.Т. Зоткин. В Совет астрономических кружков вошли В.В. Базыкин, И.Т. Зоткин, Д.Ф. Киселев, К.А. Порцевский, Р.И. Цветов, В.А. Шишаков. В том же году впервые был проведен День открытых дверей главная цель которого – познакомить новичков с работой кружка, с тем, что они будут

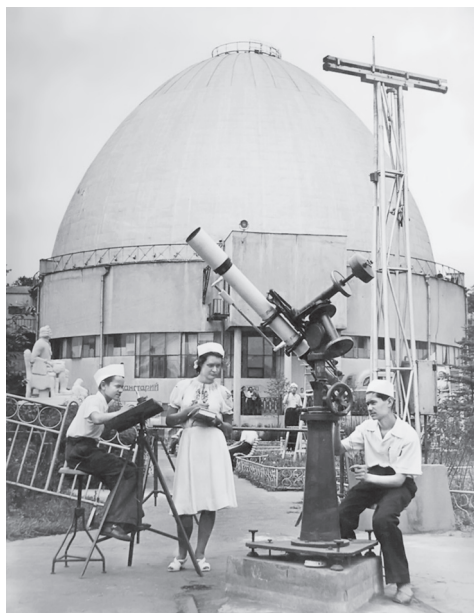
в нем делать, с техническими возможностями Планетария и его Обсерватории. Перед будущими кружковцами выступили профессора П.П. Паренаго и М.Е. Набоков, а также известный мексиканский астроном доктор Хара.

В 70-х годах общее руководство кружками стал осуществлять Станислав Васильевич Широков. Организационную работу вела Елена Дмитриевна Жаринова. Руководителями кружков стало новое поколение выпускников: С.И. Кашинский, Д.А. Фомин, М.Ю. Шевченко, А.М. Чарторийский. Потом к ним присоединились Ю.А. Фадеев, А.В. Козенко, Б.А. Сандлер.

В 80-е годы в кружках работали С.В. Широков, С.И. Кашинский, А.В. Козенко, Д.А. Фомин, Н.В. Мамуна, И.М. Адуло, А.М. Валитова.

Ежегодно кружковцы Планетария участвовали в традиционной Московской городской астрономической олимпиаде, организованной ГАИШ МГУ, МОБАГО, Планетарием и городским Дворцом пионеров. Как правило, кружковцы Планетария лидировали в олимпиаде и занимали призовые места.

В работе кружков всегда присутствовали элементы научной работы. Иногда систематические любительские наблюдения даже с небольшими инструментами могут дать ценный результат. Например, наблюдения переменных звезд, обнаружение кометы или вспышки новой звезды, метеорные наблюдения, наблюдения во время затмений Солнца и Луны, и другие. До полетов космических аппаратов к Луне и планетам в кружках были широко распространены наблюдения планет, особенно Венеры и Юпитера. Длительный ряд наблюдений после их обработки давал возможность делать выводы. Несомненный интерес представляли массовые наблюдения метеорных потоков. Большой статистический материал позволял делать определенные выводы. Так, например, группа кружковцев выпускного кружка



Кружковцы на астрономической площадке
Московского планетария. Конец 1950-х гг.
Фото из архива Московского планетария

провела наблюдения метеорного потока Персеид. Наблюдения были обработаны и опубликованы в журнале “Астрономический вестник” № 3 за 1983 год. Работы кружковцев публиковались в журнале “Земля и Вселенная”, в изданиях “Труды Международного географического года” и “Бюллетень ВАГО”, сборниках “Исследования планеты Юпитер” и “Каталог переменных звезд” и др.

Не все кружковцы прославили свои имена, но очень многие из них приобрели навык в выполнении важной составной части любого научного исследования: пронаблюдай – обработай полученный результат – сделай вывод. Для некоторой части кружковцев эти наблюдения, обработки, эксперименты, экспедиции были первой пробой сил на научном поприще.

Очень важное значение имело привлечение кружковцев к популяризаторской работе. Ежегодно около 20 круж-

ковцев в течение одного – двух месяцев готовились к летней работе на обсерватории. В их обязанности входили дежурства у телескопа. В дневное время проводились наблюдения солнечных пятен. Все пояснения давали кружковцы, и это уже была настоящая работа. Так, например, в 1983 г. 22 кружковца в течение трех летних месяцев обслужили в обсерватории 117 тысяч посетителей астрономической площадки Планетария. Кружковцам была объявлена благодарность и на Дне открытых дверей им были вручены грамоты.

Не все, кто занимался в астрономическом кружке Московского планетария и был удостоен диплома наблюдателя, стали профессиональными астрономами. Но за 50 лет существования кружка из него вышли тысячи людей с ясными представлениями об окружающем нас мире. Среди них известные астрономы-профессионалы: член-корреспондент АН СССР Н.С. Кардашёв, доктор физико-математических наук А.А. Гурштейн, В.Г. Курт, Ю.Н. Ефремов, И.Д. Новиков, Л.М. Озерной, А.С. Шаров, П.В. Щеглов. Активно участвовали в лекционной деятельности Планетария А.В. Засов, Э.В. Кононович, А.В. Козенко, Е.П. Левитан, Е.К. Страут, В.М. Чаругин, И.Т. Зоткин, С.И. Кашинский, Д.А. Фомин, Р.Л. Хотинков, В.И. Цветков, сотрудники Планетария О.В. Катц, С.В. Широков, Н.В. Мамуна. Видимо не только сумма знаний, но и дружный коллектив кружка помогли им найти свой путь в жизни».

Эстафету работы с кружками в 1970-е гг. принял Станислав Васильевич Широков (1932–2010), выпускник астрономического кружка Московского планетария 1946 г., впоследствии выдающийся лектор-методист, научный консультант, заместитель директора по научной работе, заслуженный работник культуры РФ. Он возглавлял Совет кружков, проводил теоретические занятия, обучал ребят обращению

с астрономическими приборами и инструментами. Он очень любил своих учеников, для которых был не только учителем, но и товарищем, наставником, многим из них он стал настоящим другом. Его пытливый ум, способность внимательно слушать собеседника, неистощимая жажда познания, талант рассказчика, эрудиция, живое восприятие мира притягивали мальчишек и девочек, как магнит. Это его негромкий интеллигентный голос слушала вся страна по первому Общесоюзному радиоканалу, узнавая об удивительных небесных явлениях и новых открытиях в астрономии. Это его авторские программы до сих пор помнит старшее поколение любителей астрономии, ведь они удивительным образом влияли на посетителей планетария, особенно на молодежь, прививая всем любовь к звездам.

Много позже, в 2006 г., С.В. Широков написал небольшое, но очень трогательное обращение к будущим кружковцам, которые придут в обновленный Планетарий. К сожалению, Станислав Васильевич не дождался этого события, но обращение мы сохранили:

«Что нас ждёт? За годы жизни кружков перерыв в их работе был только дважды:

Заместитель директора Московского планетария по научной работе С.В. Широков. 1960-е гг. Фото из архива Московского планетария



в 1941/42 году – была война, бомбежка и рядом с Планетарием стреляли зенитные пулеметы, и в 2005/06 году – еще была стройка и реконструкция здания. 12 лет великий кружок скитался вокруг Планетария, не видя его звезд. Придет день, и мы с вами войдем в Парк неба, к нашему синему с золотом Звездному глобусу Гиппарха, к огромной настоящей армиллярной сфере, мы первыми проверим установку и точность полутораметрового квадранта Тихо Браге, пройдемся по циферблату самых больших в мире горизонтальных солнечных часов, взойдем по винтовой лестнице к окуляру большого рефрактора Цейса. И Звездный зал тоже будет наш!» Этот долгожданный день открытия обновленного Московского планетария состоялся 12 июня 2011 г.³

О том, насколько тепло, по-отечески относились К.А. Порцевский и С.В. Широков к своим подопечным, свидетельствуют воспоминания Юрия Павлова, кружковца 1978 г. выпуска, лектора Московского планетария в его заметке «Мой первый телескоп»:

«Средний кружок Московского планетария был закончен! А впереди летнее дежурство на астроплощадке и ночные наблюдения. Но дежурств было не так уж много, а желание смотреть в телескоп было большое. Конечно, встал вопрос о приобретении собственного телескопа. Как оказалось, это было не так уж и просто. В те годы телескопы выпускались нескольких видов и предназначались они для школ. Простому школьнику продать телескоп Учколлектор (магазин, который продавал оборудование для школ) никак не мог. На очередном дежурстве мы с ребятами это бурно обсуждали. Оказалось, что не я один пытался воплотить свою заветную мечту

³ Рублёва Ф.Б. Московский планетарий вчера и сегодня // Земля и Вселенная. 2012. № 1. С. 42–55.



*Кружковец выпуска 1978 г. Юра Павлов. 1970–е гг.
Из личного архива Ю.П. Павлова*

в реальность. Тут в обсерваторию вошел Станислав Васильевич и спросил:

— Что грустим? Небо чистое! Солнце хорошее!

Мы все и рассказали.

— Ну что ж, пошли к Константину Алексеевичу – сказал Станислав Васильевич.

На наше счастье, Порцевский Константин Алексеевич, директор Московского планетария, оказался у себя в кабинете. Нам каждому подготовили письмо от имени Московского планетария с просьбой продать школьный инвентарь в виде Большого школьного рефрактора. Нашей радости не было предела. После распаковки я был просто ошеломлен. Вот он! Мой! Настоящий! Хранится на даче. Конечно, немного потрепанный, но целый и всегда готовый к работе. Ему на смену пришли другие телескопы. Но с этим первым я до сих пор не могу расстаться».

С 1994 по 2011 г. Московский планетарий был закрыт на капитальный ремонт, реконструкцию и модернизацию. Регулярные занятия кружков на его территории в этот период не проводились и вскоре были поставлены на длительную паузу. Кружок возобновил свою ра-

боту лишь в 2011 г., когда он вновь открыл свои двери после долгого перерыва.

За нелегкую работу по возобновлению этого направления деятельности взялся Алексей Дмитриевич Сельянов – выпускник астрономического кружка 1988 г., лектор Планетария. Совместно с выпускником кружка 1991 г. Олегом Станиславовичем Угольниковым, астрономом, кандидатом физико-математических наук, старшим научным сотрудником Института космических исследований РАН, была составлена программа трехлетнего обучения. Курировал рабо-

ту кружка сотрудник Планетария, выпускник Московского педагогического университета Ярослав Турилов. На сайте Планетария было дано объявление о наборе в кружок детей 6–7-х классов, интересующихся астрономией, и дети вместе с родителями стали приходить к нам на собеседование. Задача заключалась в том, чтобы не только определить средний уровень знаний в области астрономии, но и выявить интерес, мотивацию каждого ребенка.

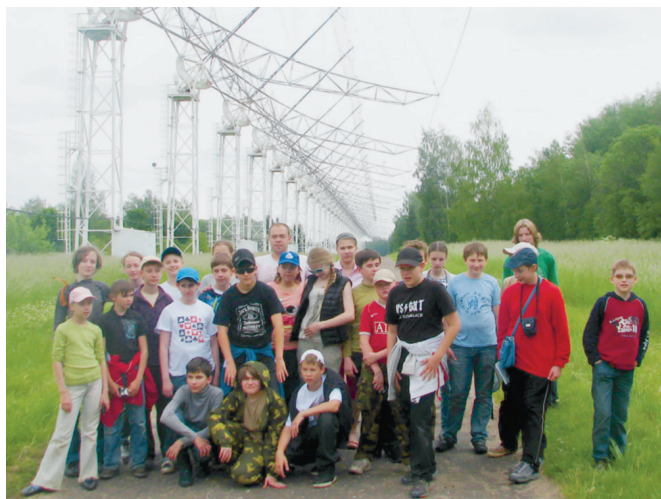
Первый выпуск возрожденного кружка состоялся 27 мая 2014 г. Это был первый выпуск после 20-летнего перерыва, в юбилейный год – Планетарий отмечал свое 85-летие, а кружки 80-летие! За всю его историю это был самый многочисленный выпуск – 46 человек! Как вспоминает Ярослав: «Астрономический кружок не работал 17 лет, как и Московский планетарий. Нужно было запустить работу кружка, фактически, заново. Все получилось благодаря усилиям двух людей: Фаины Борисовны Рублёвой – научного директора Планетария и Алексея Дмитриевича Сельянова – лектора кружка, а в прошлом и его выпускника. Именно они настояли на том, чтобы

возобновление, а по сути, возрождение старейшего астрономического кружка, состоялось в год второго рождения Московского планетария. Для работы с детьми были приглашены лекторы, в том числе и преподаватели МГУ им. М.В. Ломоносова. Первый набор оказался самым многочисленным – около 100 детей от 12 до 14 лет. Абитуриенты заполняли специальную анкету, среди вопросов которой был и такой: “Почему решил/решила записаться в Астрономический кружок?” Некоторые честно отвечали: “Так захотела мама”. А были и такие: “Узнать о жизни, Вселенной и вообще. Хочу стать космонавтом, научиться пользоваться телескопом, увидеть другие планеты, найти планету пригодную для жизни человечества”. Не все дети проходили по возрасту и часто возвращались на следующий год: “В прошлом году по возрасту не прошла. Хочу быть астрономом с шести лет. Теперь моя школа позволяет выбрать класс с углубленным изучением предметов (физика или математика). Но астрономии у нас как предмета нет. Мне очень интересно все про устройство Вселенной и хочу научиться пользоваться телескопами”. Несколько раз в год мы отправлялись в экспедиции. Желающих часто было больше, чем мы могли взять с собой. Здесь критерием отбора становилась успеваемость, что служило стимулом хорошо заниматься. В течение нескольких лет мы побывали, практически, на всех обсерваториях европейской части России».

За время, проведенное в Московском планетарии, ребята не только занимались по учебной программе, но и участвовали в других мероприятиях. Они неоднократно посетили Пушинскую радиоастрономическую обсерваторию АКЦ ФИАН. На прилегающей территории дети жили в палатках, готовили еду на костре, участвовали в наблюдениях, слушали лекции и проводили свободное время за интеллектуальными

играми. Именно такой формат позволил сплотить детей в настоящий дружный коллектив. Традицией стало ежегодное посещение Краснопресненской обсерватории ГАИШ МГУ, своеобразного астрономического музея. Ребята несколько раз побывали в Специальной астрофизической обсерватории РАН, расположенной в Карачаево-Черкесии, в горах, на высоте 2070 метров над уровнем моря, где находится самый большой телескоп в Евразии с 6-метровым зеркалом, и огромный радиотелескоп РАТАН-600. Дважды кружковцы посетили Крымскую астрофизическую обсерваторию РАН, расположенную в поселке Научный, где познакомились не только с обсерваторией и набором самых разнообразных телескопов и астрономических инструментов, но и регулярно проводили наблюдения настоящего темного звездного неба. Не обошлось и без экскурсий, благодаря которым дети окунулись в историю полуострова Крым. Посещали кружковцы и одну из старейших обсерваторий нашей страны – Пулковскую, расположенную на Пулковских высотах, в 19 км от Санкт-Петербурга. Погружение в богатейшую историю знаменитой обсерватории, в переплетении с посещением главных достопримечательностей северной столицы оставили неизгладимые впечатления в памяти кружковцев!

С момента возобновления регулярной работы состоялось 10 выпусков и около 300 ребят получили дипломы об окончании трех курсов. Сегодня астрономический кружок отмечает свое 90-летие! В честь знаменательной даты Московский планетарий пригласил выпускников прошлых лет и новоиспеченных выпускников 2024 г. В Большом Звездном зале 28 мая 2024 г. собралось около 200 человек, перед которыми с воспоминаниями, поздравлениями и теплыми пожеланиями выступили преподаватели кружка Алексей Селянов, астрофизик



а



б



в

Юные любители астрономии – учащиеся астрономического кружка: а) в Пуцзинской радиоастрономической обсерватории АКЦ ФИАН; б) в САО РАН в Карачаево-Черкесии; в) в Крымской астрофизической обсерватории. 2013 и 2015 гг. Фото из архива Московского планетария

и сотрудник Московского планетария Дмитрий Насонов, астрофизик, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник АКЦ ФИАН Сергей Дроздов,

а также научный директор Московского планетария Ф.Б. Рублёва. От руководства Планетария и от себя лично она поблагодарила всех, кто работал в кружках в XX в.,



Выпускники астрономического кружка 2024 г. после торжественного вручения дипломов в Большом Звездном зале Московского планетария. 28 мая 2024 г.

отдавал свои знания, опыт и любовь детям. И особую благодарность выразила нынешним преподавателям кружка – именно они помогали возрождать кружок в новых условиях, преодолевая все трудности. К новоиспеченным выпускникам Фаина Борисовна обратилась со словами: «Дорогие ребята, я вас поздравляю с этим знаменательным событием. Хочу пожелать вам успехов, высоких достижений, ярких открытий, новых побед и большого человеческого счастья. Мы сегодня выпускаем вас из кружка, но вы остаетесь с нами, потому что мы одна большая звездная семья, и потому, что бывших кружковцев не бывает. Некоторые из вас станут профессиональными астрономами, другие любителями астрономии, но я уверена, что все вы сохраните интерес и любовь к звездам на всю жизнь».

В продолжение торжественного вечера выпускникам вручили дипломы и, по многолетней традиции, белые розы. На сцену была торжественно вынесена знаменитая реликвия кружков – журнал с автографами всех выпускников, который ведется с 1952 г. Сейчас он

хранится у А.Д. Сельянова, а прежде – у выпускника 1958 г. кандидата физико-математических наук, почетного члена Российского общества любителей метеоритики, члена Французского астрономического общества Валентина Ивановича Цветкова, который бережно хранил его в сложные для Планетария времена. В журнале расписались и выпускники 2024 г., в общей сложности в нем поставили свои подписи более 900 выпускников Астрономического кружка Московского планетария!

Для кружковцев была подготовлена особая программа с просмотром исторических кинохроник, после которых выпускники разных лет начиная с 1960-х гг. делились своими воспоминаниями о кружке. Среди них были профессиональные астрономы, и те, кто не связал свою жизнь с астрономией, но сохранил свою любовь к кружку и Звездному дому, в котором, по их словам, они провели лучшие годы своей жизни! В завершении официальной части вечера был продемонстрирован полнокупольный фильм «Планеты Солнечной системы», созданный



А.Д. Сельянов (в центре на втором плане) с кружковцами. 2023 г. Фото из архива Московского планетария

в 2024 г. киностудией Московского планетария. Ну а завершилось мероприятие дружеским общением кружковцев на астрономической площадке «Парк Неба», где они вспоминали время, проведенное вместе.

Сегодня Московский планетарий продолжает лучшие научно-просветительские традиции, которые заключаются в том, чтобы формировать мировоззренческое образование подрастающего поколения, заинтересовать их наукой, расширить кругозор, стимулировать любознательность, стремление к познанию и желание раскрывать тайны Вселенной.

Выпускники астрономических кружков Планетария дальнейшую свою судьбу часто связывают с астрономией, получая высшее образование на астрономическом отделении физического факультета МГУ. За свою 95-летнюю историю Московский планетарий воспитал не одно поколение выдающихся астрономов. Получив профильное образование, многие из них приходят

в Планетарий в качестве экскурсоводов, преподавателей в кружках, лекторов, пополняя число специалистов высокого класса. В этом плане кружки являются настоящей кузницей кадров для Московского планетария, так как ни одно учебное заведение не ориентировано на целевую подготовку соответствующих специалистов.

Каждый год в конце августа объявляется новый набор на первый курс, и каждый год приходят юные астрономы открывать для себя бесконечные просторы Космоса.

Кружковские годы проходят, но память о кружке и времени, проведенном в Планетарии, остается с выпускниками навсегда. И поэтому мы точно знаем, что все они соберутся «под небом Планетария» в 2029 г., когда их любимый Звездный дом будет отмечать свой вековой юбилей, а Астрономический кружок свое 95-летие! Ведь бывших кружковцев не бывает!

ИЗ ИСТОРИИ ПЕРВОГО «КОСМИЧЕСКОГО» АРХИВА: ФОРМИРОВАНИЕ ДОКУМЕНТАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПО ИСТОРИИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ КОСМОНАВТИКИ В РОССИЙСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ АРХИВЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

ДОБРЕНЬКАЯ Мария Владимировна,

кандидат исторических наук

Российский государственный архив научно-технической документации

DOI: 10.7868/S0044394824040091

ОСНОВАНИЕ РГАНТД

Сохранение документального наследия по истории ракетно-космической отрасли имеет важное значение для понимания путей развития отечественной космонавтики, для формирования социо-культурной и исторической идентичности российских граждан.

Именно понимание необходимости сохранения документов о космосе стало причиной создания в 1974 г. Центра космической документации, к которому восходит история Российского государственного архива научно-технической документации (РГАНТД).

Предшественник РГАНТД – Центр космической документации СССР (открытое название – Научно-исследовательский центр технической документации СССР), был создан Приказами Главного архивного управления СССР (ГАУ СССР) № 6 (закрытый) и № 135а от 12.09.1974¹ на основании Постановления ЦК КПСС и Совета министров СССР от 30.04.1974

№ 337–120² «О работах по созданию кинофильмов и телевизионных фильмов, проведению фотосъемок и по организации государственного хранения кинофотофономатериалов по космической тематике».

Выход этого Постановления объяснялся тем, что к середине 1970-х гг. развитие космической отрасли в СССР поднялось на новый уровень. Развивалось активное сотрудничество по программе «Интеркосмос» в области космических исследований, готовились международные пилотируемые полеты. Полным ходом шла подготовка к совместному советско-американскому полету «Союз–Аполлон». Все это поставило перед руководством страны задачу подготовки открытых материалов о деятельности, до того момента полностью закрытой, ракетно-космической отрасли. Прежде всего, интерес представляло кино-, фото- и видеодокументирование деятельности СССР по освоению космоса для решения

¹ ГА РФ. Ф. Р-5325. Оп. 3. Д. 2433. Лл. 129–132.

² РГАНТД. Ф. 435. Оп. 12-6. Д. 371. Лл. 2–8.

Центральный Комитет КПСС и Совет Министров СССР

ПОСТАНОВЛЕНИЕ

от 30 апреля 1974 г. № 337-120

Москва, Кремль

О работах по созданию кинофильмов и телевизионных фильмов, проведению фотосъемок и по организации государственного хранения кинофотофономатериалов по космической тематике

В целях дальнейшего улучшения работ по созданию кинофильмов и телевизионных фильмов, проведению фотосъемки, подготовке телевизионных и радиопередач и по организации государственного хранения кинофотофономатериалов по исследованию космического пространства для решения народнохозяйственных и научных задач и по международным соглашениям Центральный Комитет КПСС и Совет Министров СССР ПОСТАНОВЛЯЕТ:

1. Определить головными по производству кинофильмов и телевизионных фильмов, фотосъемочных работ, звуко- и видеозаписи, а также по организации государственного хранения кинофотофономатериалов, текстовой и графической научно-технической документации по исследованию космического пространства для решения народнохозяйственных и научных задач и по международным соглашениям:

Главное архивное управление при Совете Министров СССР – по государственному хранению открытых и закрытых кинофотофономатериалов, текстовой и графической научно-технической документации, возложив на него организацию хранения и разработку необходимых справочных материалов. Определение порядка хранения указанных материалов Главному архивному управлению при Совете Министров СССР осуществлять по согласованию с Министерством общего машиностроения, Министерством обороны СССР, Академией наук СССР, Комитетом государственной безопасности при Совете Министров СССР и Главным управлением геодезии и картографии при Совете Министров СССР.

4. Для обеспечения государственного хранения материалов, указанных в пункте 1 настоящего постановления:

Главному архивному управлению при Совете Министров СССР образовать на базе Центральной лаборатории микрофильмирования Центр государственного хранения космической документации СССР (Центр космической документации СССР);

Госплану СССР и Государственному комитету Совета Министров СССР по науке и технике предусматривать по представлению Главного архивного управления при Совете Министров СССР в проектах народнохозяйственных планов фонд заработной платы и численность работников по г.Москве для указанного Центра;

Мосгорисполкому обеспечить строительство в 1976–1978 годах в г.Москве зданий Центральной лаборатории микрофильмирования Главного архивного управления при Совете Министров СССР, предусмотренных распоряжением Совета Министров СССР от 20 декабря 1968 г. № 2528, на отведенном Мосгорисполкомом земельном участке (28 квартал Новых Черемушек) с комплексом необходимых помещений для Центра космической документации СССР;

Государственному комитету Совета Министров СССР по кинематографии обеспечить силами государственного проектного института "Тирпрокино" разработку до 1 сентября 1974 г. рабочих чертежей, необходимых для начала строительства Центральной лаборатории микрофильмирования с комплексом необходимых помещений Центра космической документации СССР, завершив разработку проекта в 1975 году;

7. Образовать при Министерстве общего машиностроения Межведомственную комиссию по вопросам отбора для хранения и использования кинофотофономатериалов и научно-технической документации по космической тематике (Кинофотофонокомиссия по космической тематике) из представителей Министерства общего машиностроения, Министерства обороны СССР, Академии наук СССР, Министерства оборонной промышленности, Министерства радиопромышленности, Министерства здравоохранения СССР, Главного управления геодезии и картографии при Совете Министров СССР и Главного архивного управления при Совете Министров СССР, возложив на нее:

рассмотрение представляемых кинофотофономатериалов и научно-технической документации с целью решения вопроса о целесообразности передачи их на государственное хранение;

рассмотрение вопросов и подготовку рекомендаций о снятии грифа секретности с кинофотофономатериалов и научно-технической документации для открытой публикации с последующим утверждением этих рекомендаций в соответствии с установленным порядком.

Указанной Комиссии в II квартале 1974 г. разработать и по согласованию с Министерством общего машиностроения, Министерством обороны СССР, Академией наук СССР, Главным архивным управлением при Совете Министров СССР, Комитетом государственной безопасности при Совете Министров СССР и другими заинтересованными министерствами и ведомствами утвердить порядок использования закрытых и открытых кинофотофономатериалов и научно-технической документации, хранящихся в Центре космической документации СССР.

Министерству общего машиностроения, Министерству обороны СССР и Академии наук СССР по согласованию с заинтересованными министерствами и ведомствами в 3-месячный срок представить состав Кинофотофонокомиссии по космической тематике и Положение о ней в Комиссию Президиума Совета Министров СССР по военнопromышленным вопросам для утверждения.

8. Министерству общего машиностроения, Министерству обороны СССР, Министерству оборонной промышленности, Министерству авиационной промышленности, Министерству радиопромышленности, Министерству электротехнической промышленности, Министерству здравоохранения СССР, Министерству связи СССР, Академии наук СССР, Государственному комитету Совета Министров СССР по кинематографии, Государственному комитету Совета Министров СССР по телевидению и радиовещанию, Главному архивному управлению при Совете Министров СССР, Главному управлению гидрометеорологической службы при Совете Министров СССР, Главному управлению геодезии и картографии при Совете Министров СССР, Телеграфному агентству Советского Союза при Совете Министров СССР, агентству печати "Новости" в течение 1974 года организовать аннотированный учет всех имеющихся и создаваемых вновь в системе этих министерств и ведомств кинофотофономатериалов, видеоматричных записей и пленок с телеметрической информацией по исследованию космоса и систематически представлять эти материалы на рассмотрение Кинофотофонокомиссии по космической тематике для решения вопроса о передаче их на государственное хранение.

Указанным министерствам и ведомствам подготовить в соответствии с инструкциями и указаниями Главного архивного управления при Совете Министров СССР отобранные Кинофотофонокомиссией по космической тематике кинофотофономатериалы и по мере готовности помещений хранения передавать их на государственное хранение в Центр государственного хранения космической документации СССР.

Главному архивному управлению при Совете Министров СССР оказывать методическую помощь министерствам и ведомствам при подготовке кинофотофономатериалов к передаче на государственное хранение.

Секретарь
Центрального Комитета КПСС
Л.Брежнев



Председатель
Совета Министров СССР
А.Косыгин

Постановление ЦК КПСС и СМ СССР от 30 апреля 1974 г. № 337-120 «О работах по созданию кинофильмов и телевизионных фильмов, проведению фотосъемок и по организации государственного хранения кинофотофономатериалов по космической тематике». 1974 г.

научных, экономических и международных задач.

Как воспоминал директор Центра космической документации в 1977–1992 гг. Олег Александрович Михайлов, поводом для этого Постановления послужило обращение к Л.И. Брежневу группы ученых, специалистов ракетно-космической отрасли, деятелей науки и культуры. В их письме говорилось,

что космические документы рассредоточены по различным ведомствам и бывает затруднительно их найти, а некоторые документы просто утеряны. Было решено создать единый центр, чтобы собрать, централизованно учитывать и хранить космические документы, служившие постоянному хранению. Это был единственный случай создания научно-технического архива



Олег Александрович Михайлов (конец 1970-х гг.).
РГАНТД. Ф. 435

решением Политбюро, что объяснялось исключительным вниманием, уделявшимся в то время освоению космоса как приоритетному направлению в области развития науки и техники в нашей стране³.

Сам по себе факт образования такого Центра был беспрецедентным, поскольку это был архив, созданный по тематическому признаку, имевший поливидовой состав документов, осуществлявший при этом функции научно-исследовательской организации.

Отбор документов на государственное хранение должна была вести Межведомственная комиссия по вопросам отбора для хранения и использования кинофотофономатериалов и научно-технической документации по космической тематике (МВК), в которую входили Министерство общего машиностроения СССР (МОМ), Министерство обороны

СССР, АН СССР, КГБ СССР, Главное управление геодезии и картографии при Совете министров СССР, ГАУ СССР.

Административно Центр космической документации был подчинен Главархиву, а МВК – главный орган, через который осуществлялся прием документов, – был создан при МОМ. Председателем комиссии стал директор ЦНИИМАШ генерал-лейтенант, доктор технических наук, профессор, лауреат Ленинской премии Юрий Александрович Можжорин, которому принадлежала совершенно особая роль в сохранении документов космической отрасли.

Постановлением определялись 16 министерств и ведомств, чьи подведомственные организации и учреждения должны были обеспечить передачу документов по космической тематике на рассмотрение МВК.

МВК рассматривала и утверждала перечни и описи документов не только по Минобщесмашу, но и по всем остальным

Юрий Александрович Можжорин. 1985 г.
РГАНТД. Арх. № 0-18535



³ РГАНТД. Арх. № 1426 (фоно).

министерствам и ведомствам – источникам комплектования Центра документами по космической тематике. Таким образом, созданная и действовавшая система экспертизы в части космической тематики обеспечивалась Минобщешаем.

По постановлению Правительства СССР фондообразователями НИЦТД стали головные предприятия ракетно-космической отрасли, а также другие предприятия – участники космических программ: научные организации, учреждения средств массовой информации, киностудии документальных и научно-популярных фильмов.

ОСНОВА ФОНДОВ АРХИВОВ ЦЕНТРА КОСМИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

В Центре космической документации был сформирован ценнейший комплекс разноплановых документов по истории ракетно-космической отрасли. В целом, объем документов данной тематики насчитывает более 220 тыс. единиц хранения.

Перечислим основные организации, чьи документы были приняты в Центр космической документации и составили основу фондов архива:

1. Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С.П. Королёва (Ф. 6).
2. Российский государственный научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов (ЦПК) им. Ю.А. Гагарина (Ф. 1).
3. Акционерное общество открытого типа Научно-производственное объединение «Наука» (Ф. 11);
4. Акционерное общество открытого типа «Научно-производственное предприятие Звезда» (Ф. 7).
5. Особое конструкторское бюро Московского энергетического Института (МЭИ) (Ф. 28).
6. Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина (Ф. 8).

7. Государственный научно-исследовательский испытательный институт авиационной и космической медицины МО СССР (Ф. 14).

8. Конструкторское бюро химического машиностроения им. А.М. Исаева (Ф. 17).

9. Федерация космонавтики СССР (Ф. 24).

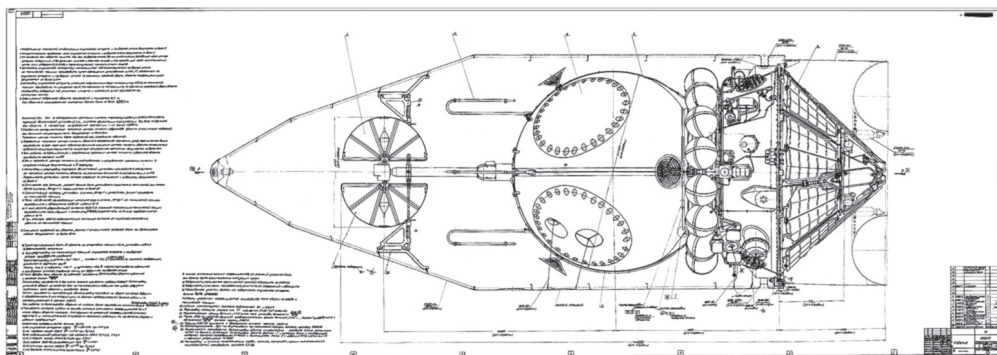
Далее остановимся подробнее на некоторых из них.

РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ КОРПОРАЦИЯ «ЭНЕРГИЯ» ИМ. С.П. КОРОЛЁВА

РКК «Энергия» им. С.П. Королёва – это головное предприятие по разработке, изготовлению, испытанию и эксплуатации пилотируемых и грузовых космических кораблей; систем и агрегатов орбитальных станций; ракетных разгонных блоков и составных частей тяжелых ракет-носителей. На хранении в РГАНТД находится конструкторская документация по приоритетным для России разработкам: первая баллистическая ракета Р5, первые пилотируемые космические корабли типа «Восток», «Восход», «Союз»; орбитальные станции «Салют», «Мир», Лунная пилотируемая программа и др.

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО- ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ (ЦПК) ИМ. Ю.А. ГАГАРИНА

Данный центр является единственной в России организацией, специализирующейся на подготовке отечественных и зарубежных космонавтов к полетам на всех типах пилотируемых космических аппаратов по национальным и международным программам. На тренажерной базе ЦПК отрабатываются этапы космического полета, начиная с наземной



Чертеж экспериментального космического корабля 1К, выполненный ОКБ-1 по теме «Восток». 1959–1960 г. РГАНТД. Ф. 6. Оп. 86–2. Д. 9. Л. 2

подготовки, кончая посадкой на Землю, включая нештатные ситуации. Документация по этой тренажерной базе, включая и доработки по ней, нашедшие отражение в изобретательских предложениях сотрудников ЦПК, находится на государственном хранении в РГАНТД. От ЦПК им. Ю.А. Гагарина также поступил в архив комплекс фонозаписей переговоров экипажей космических кораблей и орбитальных станций с Центром управления полетами «Радиопереговоры «Борт-Земля» за 1961–1993 гг.

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО ОТКРЫТОГО ТИПА НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ «НАУКА»

Данная организация – ведущее предприятие России в области создания средств кондиционирования и жизнеобеспечения для авиакосмической техники. В архив были приняты документы, связанные с разработкой, производством и эксплуатацией авиационных и космических летательных аппаратов по национальным программам: пилотируемым космическим кораблям «Восток», «Восход», «Союз»; межпланетным станциям «Луна», «Венера», «Марс»; орбитальным

станциям «Салют», «Алмаз» и «Мир»; комплексу «Энергия-Буран».

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО ОТКРЫТОГО ТИПА «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ ЗВЕЗДА»

Организация занимается разработкой систем индивидуального жизнеобеспечения и спасения экипажей всех видов летательных аппаратов. В РГАНТД хранятся научные и конструкторские документы по разработкам полетных и профилактических костюмов «Орлан», «Кречет», «Чибис», находящихся в эксплуатации по настоящее время.

ОСОБОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО МОСКОВСКОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА (МЭИ)

Бюро является единственной организацией по вопросам космоса, существующей на базе высшего учебного заведения (МЭИ) и не входящей в промышленную структуру России. Занимается разработкой и внедрением систем космической связи в пределах солнечной системы, а также дистанционным мониторингом



Участники программы ЭПАС А.А. Леонов, Т.П. Стаффорд, Ю. Сернан, К. Бобко за разбором тренировки в Звездном городке. 2 мая 1975 г. РГАНТД. Арх. № 1–250 цв.

поверхности Земли и ее атмосферы. В составе фонда ОКБ МЭИ – конструкторская документация по устройствам телевизионных космических систем «Трал», «Орбита», «Топаз», «Салгир» и др.

ПРОЕКТ «СОЮЗ-АПОЛЛОН»: СТАРТ КОМПЛЕКТОВАНИЯ АРХИВА

Первым значительным этапом в деятельности Центра космической документации стало комплектование материалами по международному проекту «Союз–Аполлон» (ЭПАС).

В результате успешного выполнения этой программы были заложены основы для создания унифицированных систем сближения и стыковки космических кораблей. Программа была сложной, реализовывалась в течение нескольких лет огромными профессиональными коллективами двух стран-участниц.

К январю 1975 г. в распоряжении Совета «Интеркосмос» при АН СССР находилось свыше 10 тыс. м киноплёнки

и свыше двух тысяч фотографий, полученных от американской стороны, а также подготовленных советскими организациями в ходе документирования работ по программе.

Все материалы, полученные из США, имели порядковые номера централизованного учета в НАСА и были снабжены соответствующей стандартной сопроводительной документацией. Материалы, снятые в СССР, не имели централизованного учета и были рассредоточены по различным организациям, таким как Центральный научно-исследовательский институт машиностроения (ЦНИИМАШ), Совет «Интеркосмос» при АН СССР, ЦПК им. Ю.А. Гагарина, ИКИ АН СССР, Центрнаучфильм, Центральная студия документальных фильмов (ЦСДФ), Фотохроника ТАСС, Агентство печати «Новости» (АПН) и др. Из-за отсутствия необходимых условий в Совете «Интеркосмос» в эти же организации для временного хранения была передана и часть кинофотофонодокументов, полученных из США. Объем научно-технической и кинофотофонодокументации продолжал постоянно расти.

Распыление документальных материалов советской и американской сторон по различным организациям не позволяло вести централизованный учет, контроль за хранением и использованием документов по проекту «Союз–Аполлон», делало невозможным оперативное выполнение обязательств, взятых советской стороной, по плану информирования общественности о ходе реализации программы.

Учитывая уникальный характер научно-технической и кинофотофонодокументации, созданной в ходе подготовки и экспериментов по программе ЭПАС, а также необходимость четкой организации работ в подготовительный период и во время осуществления полета, вице-президент АН СССР академик В.А. Котельников и начальник Главархива СССР

Ф.И. Долгих в январе 1975 г. обратились к заместителю председателя Совета министров СССР Л.В. Смирнову с инициативой поручить Главархиву СССР незамедлительно принять на государственное хранение отечественные и зарубежные кинофотоматериалы по проекту «Союз–Аполлон», организовать их централизованный учет, информирование заинтересованных организаций о наличии материалов, обеспечить их выдачу для производства кинофильмов, фотоотпечатков и других работ в порядке, согласованном с Советом «Интеркосмос» и Дирекцией советской части проекта.

К тому времени Научно-исследовательский центр технической документации (НИЦТД), призванный осуществлять сбор, централизованный учет и хранение документов по космической тематике, уже был создан, однако реальный прием документов на государственное хранение планировался только в 1978 г., после ввода в строй архивохранилищ.

Тем не менее именно НИЦТД было поручено принять на государственное хранение материалы по программе «Союз–Аполлон» после их поступления из-за рубежа и по окончании технической обработки в кинофототелестудиях. 21 февраля 1975 г. Главным архивным управлением при Совете министров СССР был издан приказ «О приеме на госхранение отечественных и зарубежных кинофотоматериалов», где, в частности, НИЦТД предписывалось организовать работу по приему кинофотоматериалов от соответствующих организаций, учету и обеспечению сохранности документов, поиску информации и оперативной выдаче копий документов для использования в установленном порядке.

Центральный государственный архив кинофотодокументов СССР предоставил Центру помещение для временного размещения документов по ЭПАС. Также было принято решение организовать прием на государственное хранение до-



Астронавты Т.П. Стаффорд, Д.К. Слейтон, В.Д. Бранд, космонавт Леонов А.А. демонстрируют эмблему «Союз–Аполлон» во время посещения г. Сочи после завершения полета по программе ЭПАС. 1975 г. РГАНТД. Арх. № Д1–1176 цв.

кументов на ул. 2-я Бауманская в помещении бывшего Лефортовского дворца.

Документы поступили на государственное хранение из ведущих организаций и предприятий ракетно-космической отрасли нашей страны и США, в том числе из ЦПК им. Ю.А. Гагарина, НПО «Энергия», ЦНИИМАШ, НИИ парашютостроения, космодрома «Байконур», Фотохроники ТАСС, АПН, от киностудий (ЦСДФ, ЦНФ), Гостелерадиофонда. Из США в числе первых в архив поступили кинодокументы НАСА о совместных тренировках в космическом Центре им. Джонсона, работе советских и американских операторов по управлению полетом, отработке системы связи, о занятиях по кинофототехнике, подписании совместного документа президентом США Р. Никсоном и председателем Совета министров СССР А.Н. Косыгиным.

В НИЦТД оказался сосредоточен практически весь комплекс документов по программе ЭПАС: научно-техническая и управленческая документация,



Отчет по результатам
экспериментального полета кораблей
«Союз–Аполлон». 19 ноября 1975 г. РГАНТД.
Ф. 6. Оп. 13. Д. 45

кинофотофонодокументы общим объемом около 10 тыс. единиц хранения. Для тематической коллекции это очень внушительная цифра.

Таким образом, работа по сохранению документов международной программы «Союз–Аполлон» стала успешным стартом деятельности РГАНТД.

НАПРАВЛЕНИЯ И ОСОБЕННОСТИ КОМПЛЕКТОВАНИЯ

В годы дальнейшей работы Центр осуществлял отбор и государственное хранение документов по следующим направлениям:

- планирование и осуществление запусков космических объектов;
- типы и конструкции космических кораблей;



Альбомы по ЭПАС в фондах РГАНТД

- системы жизнеобеспечения и техническое оснащение космических объектов;
- использование космической техники в научных целях и в промышленности;
- международное сотрудничество по исследованию космического пространства;
- отбор и подготовка космонавтов;
- вопросы освоения космоса в освещении общественности и средств массовой информации.

В целом о первых годах комплектования документами по космической тематике директор Центра О.А. Михайлов вспоминал так: «В начале комплектование шло очень активно. Во всяком случае никому не приходила в голову мысль делать на этом какую-то коммерцию. В результате активных действий экспертных комиссий Мозжорина и Коптева при деятельном участии руководителей наших подразделений по комплектованию Центра космической документации В.Н. Успенской и Г.А. Баженовой было принято от организаций-сдатчиков большое количество документов важного значения. В фондах РГАНТД в результате этой проведенной работы сосредоточены документы различных видов. Это отчеты о законченных научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработках, это кино-, фото-, фоно-,

видео- и телеметрические документы, связанные с развитием отечественной космонавтики, начиная с 1930 г., а также документы, отражающие этапы практического освоения космоса с помощью автоматических космических аппаратов, пилотируемых космических кораблей и орбитальных станций»⁴.

Комплектование носило в те годы (1975–1995) ярко выраженный тематический характер. Это позволило НИЦТД стать крупнейшим государственным хранилищем документов по космонавтике. Значимость этого комплекса документов заключается еще и в его поливидовом составе.

Из воспоминаний одного из старейших работников архива, начальника отдела обеспечения сохранности и учета архивных документов А.В. Куракина: «НИЦТД стал первым архивом в СССР, объединившим в себе несколько принципов организации распределения документов Государственного архивного фонда (ГАФ) по архивам, он был готов принять все документы по космической тематике. Сам по себе факт образования такого архива уже был необычным. Следствием этого решения стал поливидовой состав документов молодого Центра»⁵.

ЛИЧНЫЕ ФОНДЫ ДЕЯТЕЛЕЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Помимо работы с организациями по приему научно-технических документов по космической тематике, НИЦТД очень скоро стал принимать и фонды личного происхождения, которые поступали от деятелей ракетно-космической от-

расли: ученых, космонавтов, популяризаторов космонавтики.

Сегодня более половины от общего количества личных фондов, находящихся на хранении в РГАНТД, относятся к ракетно-космической тематике. Среди них – личные собрания выдающихся деятелей ракетно-космической отрасли: главного конструктора Института медико-биологических проблем (ИМБП), лауреата Государственной премии СССР Б.А. Адамовича; ученого и конструктора, доктора технических наук, лауреата Государственной премии СССР В.Н. Бугайского; журналиста, писателя, специального корреспондента газеты «Комсомольская правда» на Байконуре Я.К. Голованова; разработчика методологии баллистического проектирования космических комплексов и летательных космических аппаратов, доктора технических наук О.В. Гурко; главного конструктора КБ «Красная Звезда» Л.С. Душкина; заместителя генерального конструктора РКК «Энергия» им. С.П. Королёва, доктора технических наук, Героя Социалистического Труда В.М. Караштина; председателя Государственной комиссии по пилотируемым полетам, генерал-лейтенанта артиллерии, Героя Социалистического Труда К.А. Керимова; главного конструктора НПО им. С.А. Лавочкина, доктора технических наук, Героя Социалистического Труда С.С. Крюкова; специалиста в области ракетных двигателей, лауреата Ленинской премии А.В. Палло; начальника Главного управления вооружения, генерал-лейтенанта, Героя Социалистического Труда В.В. Фаворского; ученого в области систем управления ракетно-космической техникой, академика РАН, Героя Социалистического Труда, лауреата Ленинской премии и Государственной премии СССР Б.Е. Чертока и др.

⁴ Первый космический архив: история РГАНТД в документах и воспоминаниях / М.В. Добренькая (отв. сост.), Е.С. Иванченко, А.П. Филонова. М.; Иваново, 2023. С. 23.

⁵ Там же. С. 24.

ИНИЦИАТИВНОЕ ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ

Работа по комплектованию личными фондами была тесно связана с новаторской для 1980-х гг. работой по инициативному документированию.

Традиционно архивы не создают документы сами, а лишь собирают и хранят их. Однако НИЦТД изначально был не просто архивом, он совмещал в себе еще и функции научного института, лаборатории и вычислительного центра. Поэтому неудивительно, что Центр взял на себя еще и дополнительные репортерские функции, которые предполагали фото- и фотодокументирование основных событий в ракетно-космической отрасли.

Работа по инициативному документированию проводилась в НИЦТД с первых лет его существования. Начиная с 1980 г., она проходила в рамках темы «Разработка методического обеспечения и осу-

ществление практических работ по документированию событий и воспоминаний по тематике профиля НИЦТД СССР» и была инициирована Ю.А. Мозжориным и МВК.

Ветеран этого направления работы А.В. Серегин писал: «Приоритетным направлением стала запись воспоминаний о первом космонавте планеты Ю.А. Гагарине, так как планировалось использование полученных материалов его матерью А.Т. Гагариной в книге о сыне. Записи воспоминаний по этой теме охватывают период с 1949 по 1961 г. – от времени учебы Ю.А. Гагарина в Люберецком ремесленном училище до его исторического полета включительно.

Параллельно с работой по теме «Ю.А. Гагарин» сотрудниками Центра проводилась запись воспоминаний, связанных с деятельностью Главного конструктора ракетно-космических систем академика С.И. Королёва. Здесь

Запись воспоминаний генерал-майора Д.Х. Чаплыгина. Справа: А.В. Серегин. 9 октября 1998 г. РГАНТД. Ф. 435





Обложка пластинки «Гагаринская орбита. Документально-художественная композиция к 25-летию полета Ю.А. Гагарина». Авторы: Н. Кузьмичев, А. Серегин, Л. Швецова. 1986 г. РГАНТД. Ф. 435

нужно особо выделить воспоминания академика Б.В. Раушенбаха и главного конструктора ЦКБЭМ, соратника С.П. Королёва академика В.П. Мишина.⁶

Полученные документальные материалы в дальнейшем были использованы в документально-художественных композициях «Гагаринская орбита» и «Главный конструктор», выпущенных Всесоюзной студией грамзаписи «Мелодия» в 1986 г., в сборнике документов к 50-летию полета в космос Ю.А. Гагарина «Человек. Корабль. Космос» (М., 2011).

29 июля 1988 г. Государственная комиссия СМ СССР по военно-промышленным вопросам приняла решение № ВП-12595 об организации записи, хранения и использования воспоминаний ветеранов ракетно-космической техники и космонавтики. Организациям ракетно-космической отрасли поручалось определить списки лиц, воспоминания которых могли бы представлять интерес в целях пропаганды, а Главархиву СССР и НИЦТД

⁶ Там же. С. 54.



Обложка книги воспоминаний ветеранов ракетно-космической отрасли «Дороги в космос», изданной в РНИЦКД в 1992 г. РГАНТД. СИФ. № 4769

предписывалось усилить работу по фото- и фонодокументированию событий, лиц, общественных событий для пополнения фондов НИЦТД. Также этим распоряжением предусматривалось издание сборника собранных воспоминаний.

В ходе этой работы фонды НИЦТД пополнились воспоминаниями таких видных деятелей ракетно-космической отрасли, как академики В.П. Бармин, В.П. Мишин, В.Ф. Уткин, ученых и конструкторов различных КБ, ветеранов космодрома Байконур.

К созданию коллекции аудиовоспоминаний о становлении и развитии отечественного ракетостроения и космонавтики привлекались выдающиеся ученые – академики В.П. Бармин, Б.В. Раушенбах, О.Г. Газенко, В.П. Мишин, Б.Е. Черток, Н.Н. Шереметьевский, В.С. Авдеевский и др. Были записаны воспоминания руко-

водителей ракетно-космической отрасли: заместителя председателя ВПК Президиума Совета министров СССР Г.Н. Пашкова, министра общего машиностроения С.А. Афанасьева, заместителей министра общего машиностроения Г.А. Тюлина и Г.М. Табакова и др.

Большой интерес представляют воспоминания непосредственных разработчиков и создателей космической техники. Впервые были записаны воспоминания руководящего состава Министерства обороны СССР.

Также была проведена запись воспоминаний ветеранов 5 НИИП МО (космодрома Байконур), Главного управления космических средств МО и командно-измерительного комплекса.

В 1992 и 1994 гг. в издательстве МАИ вышли в свет сборники воспоминаний ветеранов ракетно-космической отрасли

«Дороги в космос» (в двух томах) и «Начало космической эры». Таким образом, в научный оборот были введены многие ранее неизвестные или мало освещенные факты из истории отечественной космонавтики.

ФОТО-, ФОНО-, КИНОДОКУМЕНТЫ

Помимо документов на бумажной основе от организаций-участников космической деятельности в Центр космической документации поступали фотодокументы в виде негативов, фоно- и кинодокументы, а также машиночитаемые документы и телеметрическая документация.

Фотодокументов насчитывается более 105 000 ед. хр., в них отражены полеты пилотируемых космических кораблей

Спускаемый аппарат космического корабля «Восток», на котором приземлился космонавт Ю.А. Гагарин, на месте приземления в Саратовской области. 12 апреля 1961 г. РГАНТД. Арх. № Л1-1846 цв.



и орбитальных станций, портретные и групповые снимки космонавтов, полный комплекс фотодокументов по полетам (отбор и подготовка к космическому полету, старт, работа и отдых во время полета, выходы в открытый космос, космонавты на месте приземления и работа поисково-спасательных групп; общественная деятельность космонавтов); искусственные спутники Земли, старты межпланетных автоматических станций, ракет-носителей, а также снимки из космоса поверхности Земли, Луны, Венеры, Марса и т. д.

Фонодокументы насчитывают около 10 000 ед. хр., из них 1575 ед. хр. особо ценных. По виду носителей они делятся на документы на магнитной ленте, грампластинки, оптические диски, электронные документы.

Наиболее обширным комплексом фонодокументов являются сеансы связи Центра управления полетами с космонавтами, находящимися на орбите, а также среди них можно обозначить предстартовые и послеполетные выступления. В этот же комплекс входят и воспоминания ветеранов ракетно-космической отрасли, собранные в рамках инициативного документирования.

В РГАНТД насчитывается 8300 ед. хр. кинодокументов. Прежде всего, это документальные, научно-популярные фильмы на космическую тематику, снятые ведущими киностудиями страны. В них отражена история космонавтики, космические полеты, жизнь космонавтов в быту. Отдельный комплекс документов связан с записями телепередачи «Человек. Земля. Вселенная».

Тематический характер комплектования во второй половине 1970-х – первой половине 1990-х гг. позволил НИЦТД стать крупнейшим государственным хранилищем документов по космонавтике.



Экипаж космического корабля «Союз-13» – космонавты П.И. Климук и В.В. Лебедев прощаются с провожающими перед стартом. РГАНТД. Арх. № 0–7905 цв.



Космический корабль «Союз Т-8» на старте. РГАНТД. Арх. № 1–3847 цв.



Хранение кинодокументов в РГАНТД

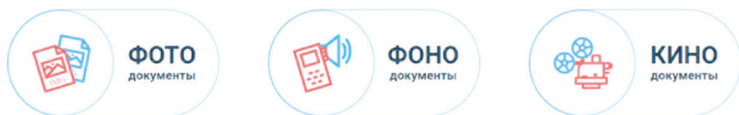
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИВ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ СЕГОДНЯ

В 1992 г. архив получил новое название – Российский научно-исследовательский центр космической документации, а в 1995 был объединен с Российским государственным научно-техническим архивом, располагавшимся в г. Самаре. В результате объединения бывший космический архив получил новое название, а также существенно расширилась тематика его фондов, среди которых теперь появились научные институты всех отраслей экономики. Однако, несмотря на это, архив и сегодня сохраняет за собой роль единственного государственного хранилища документов по космической тематике.

Этот комплекс является разнообразным по составу документов (научно-тех-

В хранилище РГАНТД





УВАЖАЕМЫЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛИ!

В электронном каталоге РГАНТД доступно для поиска более 520 000 дел, около 98 000 фотодокументов, а также более 3700 книг научно-справочной библиотеки архива. В каталоге имеется общий и расширенный поиск документов. При поиске нужно сделать короткий запрос, состоящий из одного или двух ключевых слов. В списке фондов размещены названия фондов архива, историческая справка по фондам и аннотация на документы, хранящиеся в фонде. При нажатии на каждый фонд можно увидеть список описей этого фонда, а затем список дел.

Главная страница Электронного каталога РГАНТД

ническая и управленческая документация, аудиовизуальные документы, телеметрия) и самым полным по тематическому охвату истории отечественной космонавтики. Архивные документы отражают историю становления и развития отечественной ракетно-космической техники, основные направления космической программы и этапы практического освоения космоса, начиная с 1930-х гг. XX в. В архиве хранятся конструкторские документы на разработку первых баллистических ракет, космического корабля «Восток», первых разработок для полетов на Луну, Марс и Венеру. Сохранена для истории уникальная коллекция фонозаписей по сеансам связи ЦУПа с экипажами, находящимися на орбите, а также тематический комплекс фотодокументов (более 100 тыс. ед. хр.).

Сегодня Российский государственный архив научно-технической документации, который является полноправным наследником Центра космической документации, ведет активную популяризаторскую работу в социальных сетях, на собственном сайте, а также путем реа-

лизации выставочной деятельности. Основой этого является богатый комплекс документов по истории отечественной космонавтики, разнообразных по составу и содержанию, а также по виду носителя.

Документы РГАНТД доступны для заказа и изучения в читальном зале архива. Для облегчения поиска информации исследователям на сайте РГАНТД доступен «Электронный каталог», посредством которого можно не только осуществлять поиск по всем заголовкам дел, но и дистанционно заказать дела в читальный зал архива.

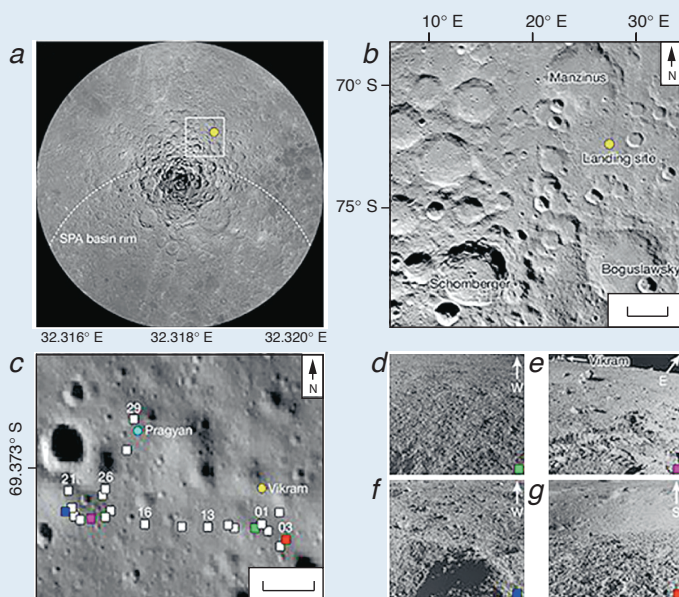
Литература

1. Медведева Г.А. История науки и техники в документах РГАНТД // Вестн. архивиста. 2004. № 3–4. С. 12–27.
2. Мусатова Т.Н. Вклад РГАНТД в развитие отраслевой науки // Вестн. архивиста. 2004. № 3–4. С. 60–73.
3. Первый космический архив: история РГАНТД в документах и воспоминаниях / М.В. Добренькая (отв. сост.), Е.С. Иванченко, А.П. Филонова. М.; Иваново, 2023.
4. Российский государственный архив научно-технической документации: славные страницы истории / сост. П.А. Кюнг, К.Ю. Липатова. М., 2019.

ПЛАНЕТОЛОГИ ПОДТВЕРДИЛИ ГИПОТЕЗУ О ТОМ, ЧТО МОЛОДУЮ ЛУНУ ПОКРЫВАЛ ОКЕАН МАГМЫ

DOI: 10.7868/S00044394824040108

Место посадки
миссии «Чандраян-3»
23 августа 2023 года
и поверхность Луны, где
прибор APXS исследовал
состав лунного грунта.
Источник: *Nature* (2024)



Еще одно доказательство гипотезы существования лунного океана магмы обнаружили геологи и планетологи из Лаборатории физических исследований, Университета Хемвати Нандан Бахугуна Гарвал, Спутникового центра им. У.Р. Рао и других научных центров Индийской организации космических исследований.

Авторы провели анализ данных геохимического состава реголита Луны вблизи Южного полюса, которые собрал в августе 2023 г. луноход «Прагьян», и пришли к выводу, что спутник Земли после своего образования примерно 4.5 млрд лет назад на протяжении десятков или сотен миллионов лет был полностью покрыт расплавленным океаном магмы. На основе данных, собранных лунохо-

дом, авторы также дополнили сценарий затвердения магмы и образования лунной коры. Результаты исследования опубликованы в журнале *Nature*.

Гипотеза лунного океана магмы (ЛОМ) была предложена еще в 70-е гг. XX в., после того как был проведен анализ грунта, доставленного с Луны миссией *Apollo-16* (NASA). И хотя гипотеза в настоящее время считается общепринятой и действительно хорошо описывает стадии эволюции молодой Луны, существуют и другие альтернативные сценарии. Например, одна из моделей предполагает, что магма покрывала Луну лишь частично; есть предположение и о том, что в недрах Луны шли другие процессы.

23 августа 2023 г. произошло знаменательное событие – модуль «Викрам» миссии «Чандраяан-3» Индийской организации космических исследований впервые в истории космонавтики совершил мягкую посадку в районе Южного полюса Луны¹. «Викрам» сел на 69-й широте на плато в 600 км от южного полюса, между кратерами Манцини, Богуславский и на расстоянии 350 км от самого крупного ударного бассейна Луны Южный полюс – Эйткен.

24 августа от модуля отделился колесный луноход «Прагьян» с двумя приборами на борту для изучения реголита при помощи бомбардировки пучками заряженных частиц прямо на месте, без отбора образцов: рентгеновским спектрометром альфа-лучей (Alpha Particle X-ray Spectrometer, APXS) и лазерно-испоровым эмиссионным спектроскопом (Laser Induced Breakdown Spectroscopy, LIBS).

Авторы исследования в своей работе провели анализ данных, полученных APXS. Этот прибор бомбардировал участок лунной поверхности альфа-частицами с энергией 5.8 МэВ и рентгеновскими лучами с энергией 14.3 и 18.3 кэВ, которые испускал источник на основе кюрия-244. По ответной реакции поверхности на такое облучение определялся элементный состав грунта.

В общей сложности APXS провел 30 сеансов измерений состава реголита в 23 точках останков лунохода на расстоянии 103 м.

«Важно понимать, что измерения состава реголита на лунных плато с подобной точностью проводились в рам-

ках лишь некоторых миссий. Это миссия *Apollo-16* (1972, NASA), «Луна-20» (1972, СССР); «Чанъэ-3, -4, -5» (2013, 2018, 2020, Китай). И все эти миссии проходили в районе экватора Луны или в средних широтах. С помощью прибора APXS впервые удалось получить данные о составе реголита в районе Южного полюса», – пишут авторы.

Они также отмечают, что данные, полученные APXS, говорят об одинаковом составе реголита во всех изученных областях Луны с преобладанием ферроанортозита, что подтверждает гипотезу глобального лунного океана магмы.

Согласно модели, построенной авторами по данным APXS, более легкие породы всплывали наверх – там на 80–90% преобладал плагиоклаз, породы с железистым анортозитом, а вниз опускались более плотные и тяжелые магнийсодержащие минералы оливин и пироксен – главные породы лунной мантии. Также авторы обращают внимание на то, что APXS зафиксировал в пробах больше магния по сравнению с кальцием, что, по их мнению, может быть связано с активными магматическими процессами в глубинах лунной коры в этом районе. Гипотеза о преобладании внутреннего (интрузивного) магматизма на обратной стороне Луны была высказана и другими планетологами после того, как появились первые данные о составе проб, собранных на обратной стороне Луны и доставленных на Землю миссией «Чанъэ-6». Возможно, что такие процессы преобладают и на лунном полюсе.

¹ См. П.С. Шубин. Третий «Лунный корабль» Индии достиг цели // *ЗиВ*. № 5. 2023. С 59–63.

Santosh V. Vadawale et al. Chandrayaan-3 APXS elemental abundance measurements at lunar high latitude. Nature. 2024 (8)

<https://www.nature.com/articles/s41586-024-07870-7>

Yuqi Qian et al. Extensive Intrusive Magmatism in the Lunar Farside Apollo and South Pole–Aitken Basins, Chang’e-6 Landing Site // The Astrophysical Journal Letters. 2024. 8

<https://iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8213/ad698f>

Подготовила А.Ф. Говорова

ЧЕТВЕРТАЯ ВСЕРОССИЙСКАЯ ВИКТОРИНА ЮНЫХ ФИЗИКОВ ОТДЕЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК РАН

Ответы

Вопросы см. на с. 43–44

Вопрос 1 (5–7 классы)

Как известно, нейтрино не имеют электрического заряда и поэтому очень слабо взаимодействуют с веществом. Настолько слабо, что способны проходить не только сквозь людей, но даже сквозь Землю – длина свободного пробега нейтрино в воде составляет около 100 световых лет! Это свойство используют в различных детекторах нейтрино, которые исследуют не только недра Земли, детектируя так называемые геонейтрино, но и Солнце, сверхновые и другие объекты космоса, нейтрино от которых свободно проходят сквозь Землю. Кроме того, нейтрино являются практически безмассовыми частицами – их масса непосредственно не измерена, но существуют экспериментальные ограничения: меньше $0.1 \text{ эВ}/c^2$ ($1 \text{ эВ} = 1 \text{ электронвольт}$ – энергия, которую приобретает электрон, пройдя разность потенциалов в 1 вольт; c – скорость света). С другой стороны, энергии нейтрино практически от всех известных источников составляют по крайней мере сотни килоэлектронвольт, т.е. на несколько порядков превышают энергию, связанную с массой нейтрино. Это означает, что практически во всех экспериментах нейтрино можно считать безмассовой частицей, а безмассовые частицы распространяются со скоростью света.

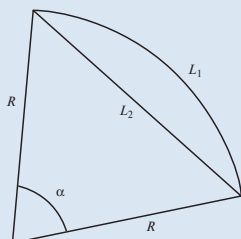
Итак, очевидно, что если ускоритель в Троицке будет запущен в режиме, в котором он сможет производить нейтрино (для этого нужно повысить его энергию приблизительно до 10^9 эВ ; в настоящее время он работает при энергиях несколько единиц на 10^8 эВ), и если направить полученный пучок нейтрино в сторону Байкала, то нейтрино из Троицка долетят до Байкала со скоростью света по прямой, прямо сквозь Землю, и детектор сможет их зарегистрировать.

Рассчитаем, за какое количество времени это произойдет:

Расстояние между Троицком и Байкалом по поверхности Земли равно 4377 км – назовем это расстояние L_1 .

Радиус земли $R = 6371 \text{ км}$

Скорость света $c \approx 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} \approx 3 \cdot 10^5 \text{ км/с}$



$$\text{Дуга, } L_1 = \frac{\pi R \alpha}{180^\circ}, \text{ следовательно, } \alpha = \frac{180^\circ L_1}{\pi R} = \frac{180^\circ \cdot 4377}{\pi \cdot 6371} \approx 39.4^\circ.$$

Пусть L_2 – хорда дуги L_1 ,
тогда по теореме косинусов:

$$L_2^2 = R^2 + R^2 - 2 \cdot R \cdot R \cdot \cos \alpha = 2R^2(1 - \cos \alpha)$$

$$L_2 = R \cdot \sqrt{2(1 - \cos \alpha)} = 6371 \sqrt{2(1 - 0.77)} \approx 4321 \text{ км}$$

$$t = \frac{L_2}{c} = \frac{4321}{3 \cdot 10^5} \text{ с} \approx 0.0144 \text{ с}.$$

Однако нужно учитывать, что несмотря на то, что на ускорителе будет рождаться много нейтрино, даже специально созданный детектор не может зарегистрировать все эти частицы.

Чтобы осознать масштаб сложности задачи по регистрации, представьте: на Земле сквозь 1 см^2 каждую секунду проходит около 60 миллиардов нейтрино, рожденных в Солнце, и мы их практически не замечаем! При этом Байкальский телескоп пока что регистрирует менее одного нейтрино в день.

Таким образом, необходимо анализировать количество частиц и направление, откуда они пришли, и тогда, возможно, можно будет заметить небольшое изменение количества нейтринных событий в байкальском телескопе при включении ускорителя в Троицке.

Возникает вопрос, так как же все-таки нам удастся зарегистрировать столь неуловимые частицы, как нейтрино? Существует несколько способов регистрации нейтрино, но в Байкальском нейтринном телескопе используется метод, основанный на эффекте Вавилова–Черенкова и предложенный академиком М.А. Марковым. Дело в том, что нейтрино, хотя и очень редко, но взаимодействует с веществом. При этом рождаются электрически заряженные частицы – электроны, мюоны и тау-лептоны. При достаточно высокой энергии нейтрино эти частицы также обладают большим импульсом. Таким, что эти заряженные частицы начинают двигаться со скоростью, большей скорости света в веществе (напомним, что скорость света в веществе меньше скорости света в вакууме и равна c/n , где n – показатель преломления) в направлении прилета нейтрино. В полной аналогии с тем, как возникает ударная волна от самолета, движущегося со сверхзвуковой скоростью, заряженная частица, движущаяся со сверхсветовой скоростью в веществе, излучает ударную электромагнитную волну – свет. При этом фронт этой волны представляет собой конус с вершиной в месте нахождения частицы и развернутый в направлении, противоположном направлению скорости частицы. Именно в этом и заключается эффект Вавилова–Черенкова, а возникающее излучение называется *черенковским*. Если вещество, в котором движется частица, является оптически прозрачным, то это излучение можно зарегистрировать фотодетекторами, восстановив как направление движения частицы (благодаря направленности конуса), так и ее энергию (по углу раствора конуса).

Итак, идея М.А. Маркова заключается в следующем. Мы помещаем как можно больше фотодетекторов в толщу прозрачной среды и регистрируем черенковское излучение (но не сами нейтрино!), восстанавливая все интересующие нас характеристики по известным законам. Ясно при этом, что так как нейтрино очень ред-

ко взаимодействует с веществом, то такой детектор будет тем более эффективным, чем больше будет объем прозрачного вещества, в котором осуществляется мониторинг излучения. По этой причине «искусственные» вещества (например, стекло) обычно не годятся, а вот прозрачная вода естественного водоема подходит. И воды Байкала в этом смысле практически идеальны. Планируемый объем Байкальского телескопа составляет один кубический километр с возможным дальнейшим расширением (сейчас он составляет чуть более 0.5 км^3). Но помимо воды можно использовать и лед. В этом случае идеальным местом является Антарктида, где уже действует нейтринный телескоп IceCube. При этом наибольший интерес как на Байкале, так и в Антарктиде представляют собой высокоэнергичные нейтрино (с энергией порядка 10^{15} – 10^{17} эВ), приходящие из-под Земли, – такие нейтрино не могут рождаться в атмосфере (не являются *атмосферными*), а приходят прямо от астрофизических объектов, таких как квазары, не отклоняясь в галактических и межгалактических магнитных полях, указывая прямо на объект и позволяя изучать процессы, происходящие в таких объектах. Другими словами, IceCube «смотрит» на северную небесную полусферу, а Байкальский – на южную, не конкурируя, а дополняя друг друга.

Подробнее про Байкальский телескоп можно почитать по ссылке:
<https://www.inr.ru/rus/unu/baikal.html>.

Вопрос 2 (5–7 классы)

Время – это изменение чего-либо. Если есть изменение, значит время идет, время есть. Если нет изменения, значит время остановилось, его нет.

Если на вопрос «Что есть время?» ответить «Время – это движение стрелок на часах», – то это, по сути, будет правильный ответ. Потому что движение стрелок – это изменение положения стрелок. А время – это изменение. И в отношении часов – это изменение положения стрелок. Если есть изменения, то часы идут, время идет, оно есть. Если нет изменений, то часы стоят, время остановилось, его нет. И оно появится, когда начнут происходить изменения.

Обычный человек без запинки ответит: время – это длительность, интервал между какими-то событиями, которые происходят в нашей жизни. И еще скажет, что измерять время принято в часах, минутах, секундах.

Современный отсчет времени: длительности года, месяца, недели и суток основаны на периодических циклах, связанных с вращением Земли и Луны. Современный отсчет времени связан с числом 60. В древней шумерской цивилизации 3000 лет назад, наряду с основанием 60, использовалось для счета времени основание 10. В современной минуте содержится 60 секунд, в часе – 60 минут. Ученые связали продолжительность одной секунды с излучением цезия-133, изотопа металла цезия. Одна секунда – это промежуток времени, в течение которого происходят $9\,192\,631\,770$ колебаний атома цезия-133.

На протяжении веков люди придумывали различные творческие методы хронометража, от самых простых солнечных часов до атомных часов. Ниже представлены различные способы измерения времени в домашних условиях, которые в свою очередь можно разбить на разные категории:

1. Сыпучие/текучие материалы. 1а. Песочные часы. Происхождение песочных часов уходит далеко вглубь веков. Они состоят из двух стеклянных колб, одна поверх

другой с узким отверстием между ними. Песок постепенно попадает из верхней части в нижнюю при переворачивании часов.

Когда весь песок из верхней части перешел в нижнюю, то это означает, что время вышло, однако, это не всегда означает, что прошел час. Песочные часы могут быть сделаны таким образом, чтобы измерить практически любой короткий промежуток времени, для этого нужно всего лишь регулировать количество содержащегося песка в нем, или же отверстие между колбами. В домашних условиях



*Ссылка на мастер-класс по созданию песочных часов:
<https://tavika.ru/2014/08/sand-clock.html>

вместо песка можно использовать различные крупы, сахар, соль, а вместо колб – пластиковые бутылки.

16. Водяные часы, известные как «клепсидра», были одним из первых устройств, которое для измерения времени не использовало солнце или звезды, то есть ими можно было пользоваться в любое время суток. Водяные часы работают путем измерения количества воды, которое капает из одного контейнера в другой. Они были изобретены в Египте, но распространились по всему Древнему миру, а в некоторых странах люди даже в XX веке пользовались водяными часами. Древние греки и римляне строили большие водяные часы в виде башен, а в Китае такие часы назывались «Лу» и зачастую были сделаны из бронзы. Несмотря на то, что водяные часы были очень распространены, они были не совсем точны.

Для создания водяных часов нам необходима пластиковая бутылка. На бутылку наклеиваем полоску из светлой бумаги. В бутылку наливаем воду и подвешиваем ее вертикально. На бумажной полоске отмечаем маркером начальный уровень воды в бутылке, прокалываем крышку бутылки так, чтобы вода через пробку начала капать в сосуд для воды, поставленный под бутылку. Включаем секундомер и отмечаем на бумажной полоске уровень воды после того, как пройдет одна минута. Замеряем ли-

нейкой расстояние между двумя полученными полосками уровня воды и размечаем всю бумажную полоску отметками с промежутками, равными полученному результату в начале опыта.

Такой метод не подходит для определения больших отрезков времени, так как требует очень большого количества воды и, соответственно, большого сосуда, ко-

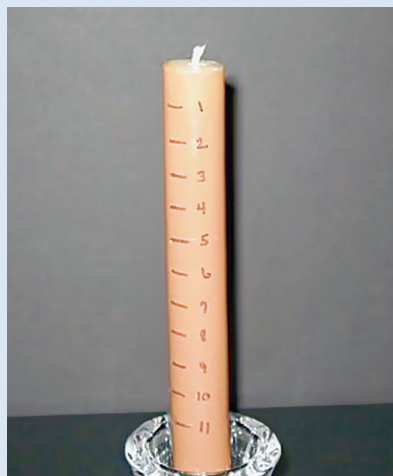


*Ссылка на видеоурок по созданию водяных часов из пластиковых бутылок:
<https://www.youtube.com/watch?v=RdZPxyZFXaA>

торый будет очень тяжелым. Данный метод подходит для того, чтобы определять время до нескольких минут в зависимости от объема бутылки.

2. Цветочные часы. Так как у различных растений цветки открываются и закрываются в различную пору дня, то можно так подобрать растения, что по их цветению можно приблизительно узнавать время дня. Для каждой местности могут быть составлены свои цветочные часы, так как время цветения, то есть открытие и закрытие цветков, в разных местностях происходят не в один и тот же час; оно либо запаздывает, либо наступает раньше.

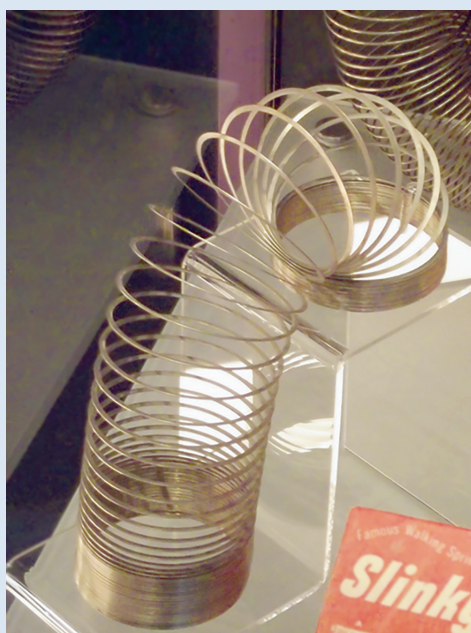
3. Использование горючих материалов. Огненные часы. Для создания огненных часов понадобится 1 обычная бытовая свеча, на которой с помощью полоски из темной цветной бумаги отмеряется расстояние в 1 сантиметр. Потом свечу зажигают и с помощью электронных часов засекают время, за которое свеча сгорает на 1 сантиметр. Таким образом (в зависимости от выбранной свечи) в среднем свеча сгорает на 1 сантиметр за 10 минут. Зная время горения одного сантиметра свечи, можно узнать, сколько времени необходимо, чтобы сгорела вся свеча. А для того, чтобы отмерять отрезки времени в 10 минут, надо просто нанести на свечу полоски



через 1 сантиметр. Данный метод подходит для того, чтобы определять время от десятков минут до нескольких часов в зависимости от длины свечи.

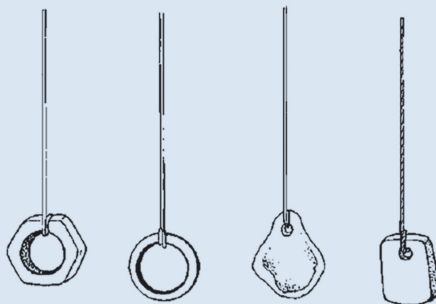
4. Физиологические часы. Пульс. В качестве измерения времени можно использовать и свой пульс. Рассчитать количество ударов сердца за 1 минуту и тогда в случае отсутствия под рукой часов по пульсу можно отсчитывать время. Важно учитывать, что частота пульса может отличаться. Например, при активной физической нагрузке или стрессе пульс будет значительно выше. Поэтому использовать такие часы нужно всегда в одном и том же физическом состоянии – в состоянии покоя.

5. Часы с использованием силы упругости. Основным элементом таких часов является колебательная система с возвращающей упругой силой. Так устроены классические маятники на пружине или любом другом упругом предмете (резинка, или



распространенная игрушка – слинки). В качестве таких часов может выступить даже обычная ветка на дереве.

6. Часы с использованием силы тяжести. Для создания таких часов подойдет все, что откуда-то падает. Сбрасывая груз с одной и той же высоты, можно отмерять одинаковые интервалы времени, соответствующие времени падения груза. К этому же типу часов можно отнести разнообразные маятники (груз на нитке, закрепленная на штыре пластина и т.п.). Можно отклонить маятник на определенный угол и ожидать, пока маятник полностью остановится, отмерять одинаковые интервалы времени.



7. Солнечные часы. Если взять диск, отмерить на нем деления, установить в центр диска небольшой штырь, то можно получить простейшие солнечные часы, на которых по положению тени, отбрасываемой штырем, можно отмерять равные временные интервалы.

8. Часы с использованием перехода между агрегатными состояниями.



Таяние льдинки. Если знаешь температуру в комнате, температуру ледышки в морозильнике и ее размеры, то можно рассчитать ее время таяния. Если брать одинаковые льдинки из морозильника и ожидать, пока они полностью растают, то можно отмерять равные интервалы времени, соответствующие времени таяния льдинок. По такому же принципу можно использовать кипение или замерзание 1 литра воды.

9. Биологические часы. Это способность живых организмов ориентироваться во времени, в основе которой лежит строгая периодичность протекающих в клетках физико-химических процессов. Если у человека хорошо построенный режим дня, то благодаря своим биологическим часам он будет хотеть спать и просыпаться строго в одно и то же время, или хотеть есть, что позволяет по данным признакам знать, какое сейчас время дня и ночи.

Данный список методов можно дополнять и другими способами измерения времени.

Интересные предложения от участников:

«При помощи кастрюли с водой и макарон можно отмерять промежутки времени в 9 минут, так как обычно именно столько времени требуется макаронам для приготовления». *Большаков Светозар, 7 класс, Якутск*

«Еще один способ измерения времени – это звук. Можно произвести какой-то звук, например, плеснуть воду в наше ведро или постучать по столу, и измерить время на его прохождение». *Мирошниченко Мария, 7 класс, Ростов-на-Дону*

«Это может быть химическая реакция между несколькими веществами, массы которых равны при каждой, например, между 1 г уксусной кислоты и 1 г соды». *Митузов Владислав, 8 класс, Саратов*

«Использование световых сигналов. Если рядом с вашим домом есть световые сигналы, например, наружные фонари или светофоры, вы можете использовать их для измерения времени». *Малых Никита, 8 класс, Киров*

«Можно регулировать потребление света и измерять время, за которое будет потрачено определенное количество электроэнергии, и с помощью счетчика находить количество потраченной электроэнергии ко времени». *Дровнин Кирилл, 7 класс, Северодвинск*

Вопрос 3 (5–7 классы)

Рассмотрим, каковы массы тел Солнечной системы:

Солнце: 1.9885×10^{30} кг.

Планеты: Меркурий – 3.33×10^{23} кг; Венера – 4.87×10^{24} кг; Земля – 5.9726×10^{24} кг; Марс – 6.42×10^{23} кг; Юпитер – 1.8986×10^{27} кг; Сатурн – 5.68×10^{26} кг; Уран – 8.68×10^{25} кг; Нептун – 1.0243×10^{26} кг; Плутон (который официально перестали считать планетой) – 1.303×10^{22} кг. Чуть сложнее оценить массу пояса астероидов, хотя и это астрономам известно с определенной точностью – 2.39×10^{21} кг.

Спутники планет (самые большие): у Земли Луна – 7.35×10^{22} кг; у Марса – Фобос – 1.07×10^{16} кг, Деймос – 1.48×10^{15} кг; у Юпитера – Ио – 8.92×10^{25} кг, Европа – 4.87×10^{25} кг, Ганимед – 14.90×10^{25} кг; Каллисто – 10.75×10^{25} кг; масса кольца Сатурна – 3×10^{19} кг, его спутники Прометей – 2.7×10^{17} кг, Пандора – 2.2×10^{17} кг, Титан – 1.35×10^{23} кг; у Урана – Миранда – 6.7×10^{19} кг, Титаний – 3.5×10^{21} кг; у Нептуна самый большой спутник Протеус – 5×10^{19} кг.

Итого, если просуммировать все массы, получаем примерно 30.623×10^{26} кг, т. е. примерно **в 650 раз меньше массы Солнца** (1.9885×10^{30} кг : 30.623×10^{26} кг = 19 885 : 30.623).

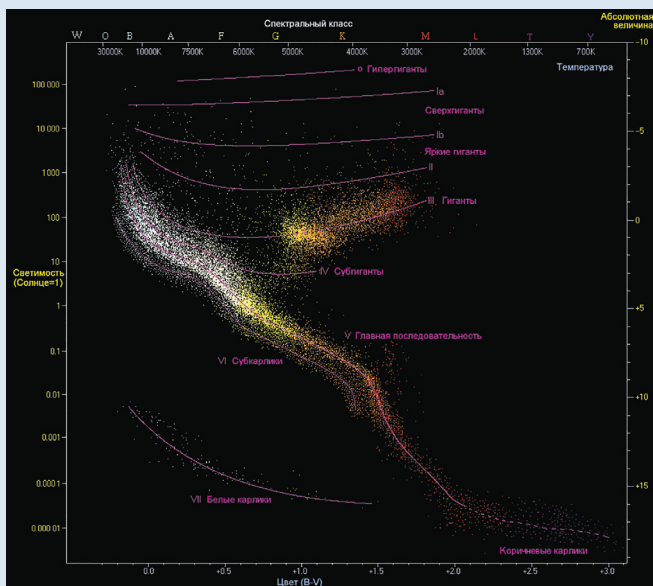
Таким образом, собрать из всех планет Солнечной системы еще одно точно такое же Солнце не получится – не хватит массы вещества.

Возможно ли создание из всех планет какой-нибудь другой звезды?

В списке самых маломассивных звезд, открытых на сегодняшний день, имеются звезды с массой почти в сотни раз меньше массы Солнца, однако это уже диапазон так называемых коричневых карликов – субзвездных объектов с массами в диапазоне от 0.012 до 0.0767 массы Солнца. В них, как и в звездах, идут термоядерные реакции на ядрах легких элементов (дейтерия, лития, бериллия, бора), но, в отличие от звезд главной последовательности, вклад в тепловыделение таких звезд ядерной реакции слияния ядер водорода незначителен, и после исчерпания запасов ядер

легких элементов термоядерные реакции в них прекращаются, после чего они относительно быстро остывают, превращаясь в планетоподобные объекты, то есть такие звезды никогда не находятся на главной последовательности Герцшпрунга – Рассела.

Таким образом, всей массы планет Солнечной системы едва ли хватает даже на создание коричневого карлика. Наконец, можно обсудить (представить) совершенно фантастическую ситуацию, когда все вещество планет солнечной системы сжать до шара такого размера, где будут идти интенсивные термоядерные реакции.



Кстати говоря, в настоящее время российскими учеными реализуется уникальный проект – космическая астрофизическая обсерватория «Спектр-Рентген-Гамма», которая вот уже четвертый год собирает для нас информацию о Вселенной (подробно задача о точке Лагранжа, в которой находится эта обсерватория, рассмотрена в Викторине 2022 года). Эта обсерватория, позволяющая наблюдать самые горячие звезды, реализована в рамках совместной российско-немецкой программы (проект Роскосмоса и DLR) и предназначена для построения полной карты Вселенной в рентгеновском диапазоне энергий 0.2–30 килоэлектронвольт (кэВ). Она состоит из двух рентгеновских телескопов: немецкого eROSITA, работающего в мягком рентгеновском диапазоне, и российского ART-XC имени М. Н. Павлинского, работающего в жестком рентгеновском диапазоне.

«Холодные» звезды, излучающие в видимом и инфракрасном диапазоне, регистрируются с использованием других телескопов, среди которых знаменитая инфракрасная обсерватория JAMES WEB Space Telescope, имеющая самое большое (сегментированное) зеркало диаметром 6.5 метра. Еще одним знаковым проектом в этой области стал орбитальный телескоп «Гершель» (Herschel Space Observatory) с самым большим монолитным зеркалом (3.5 м). Один из ключевых элементов «Гершеля» – сверхчувствительный сверхпроводящий детектор ИК фотонов был изготовлен в России, коллективом из Московского педагогического государственного университета.

EARTH & UNIVERSE

4 (358), 2024

July–August

TABLE OF CONTENT:

Lev M. ZELENYI Editorial	3
Lev M. ZELENYI, Dmitry S. ZARUBIN, Anatoly A. PETRUKOVICH The Moon In the XXI Century: The Earth's Seventh Continent	7
Lev M. ZELENYI, Anatoly P. GOLUB', Tatiana I. MOROZOVA, Sergey I. POPEL Magnetic Field Of the Earth's Magnetotail And the Lunar Dust Transfer	30
Space Education	
Alina V. GOLOVANOVA, Konstantin A. MAGARYAN, Anastasiya V. INOZEMTSEVA, Andrei V. NAUMOV Fourth Young Physicists Quiz of the RAS Physical Sciences Division. Tasks	36
XXI Century Cosmonautics	45
Pavel S. SHUBIN Looking At the Future Lunar Bases	
Igor A. LISSOV <i>Chang'E 6</i> Is Back!	54
People of Science	
Lyudmila V. RYABTSEVA To the Memory of Efrem Levitan	64
Sergei A. GERASYUTIN Efrem Levitan. To the 90th Anniversary	66
Observatories & Institutes	
Faina B. RUBLEVA, Alexander N. PERKHNYAK 90 Years Of Astronomical Classes at Moscow Planetarium	78
Maria V. DOBRENKAYA Some Excerpts From The History Of the First "Space" Archive	89
In Brief	
The Young Moon Was Covered With Magma Ocean, Planetary Scientists Confirm	104
Space Education	
Alina V. GOLOVANOVA, Konstantin A. MAGARYAN, Anastasiya V. INOZEMTSEVA, Andrei V. NAUMOV Fourth Young Physicists Quiz of the RAS Physical Sciences Division. Answers	106
Table of Content	115

Cover image:

The planet Earth captured by Soviet Zond-7 spacecraft on 11 August 1969 during its flight around the Moon

Индекс 38808

Земля и Вселенная, 4/2024

Заведующая редакцией А.Ю. Обод

Редакторы С.А. Герасютин, Д.А. Кононов, О.С. Сажина

Корректор С.О. Розанова

Верстка макета В.А. Сизова

Просим обращаться

по вопросам публикации материалов:

+7(495) 276-77-35 (доб. 42-31), e-mail: zevs@naukapublishers.ru

по вопросам сотрудничества:

+7(495) 276-77-35 (доб. 43-01 или 43-02),

e-mail: journals@naukapublishers.ru

Журнал зарегистрирован Государственным комитетом

Совета министров СССР по печати 28 июня 1991 г.

Свидетельство о регистрации № 2119

www.naukabooks.ru/zhurnali/katalog/zemlja-i-vselennaja/

Все права защищены.

Перепечатка материалов возможна только с разрешения редакции.

Мнение редакции может не совпадать с мнением автора.

Все иллюстрации в статьях предоставлены авторами.

Ответственность за точность и содержание рекламных материалов несут рекламодатели

12+

Сдано в набор 23.09.2024 Подписано к печати 28.12.2024

Дата выхода в свет 26.01.2025 Формат 70 × 100¹/₁₆

Цифровая печать Усл.печ.л. 7.25 Уч.-изд.л. 7.25 Бум.л. 3.625

Тираж 160 экз. Заказ № 575 Цена свободная

Учредители: РАН, ФГБУ «Издательство «Наука»

Редакция и издатель: ФГБУ «Издательство «Наука»

Адрес: 121099, Москва, Шубинский пер., д. 6, стр. 1

Отпечатано в типографии ФГБУ «Издательство «Наука»

Адрес: 121099, Москва, Шубинский пер., д. 6, стр. 1



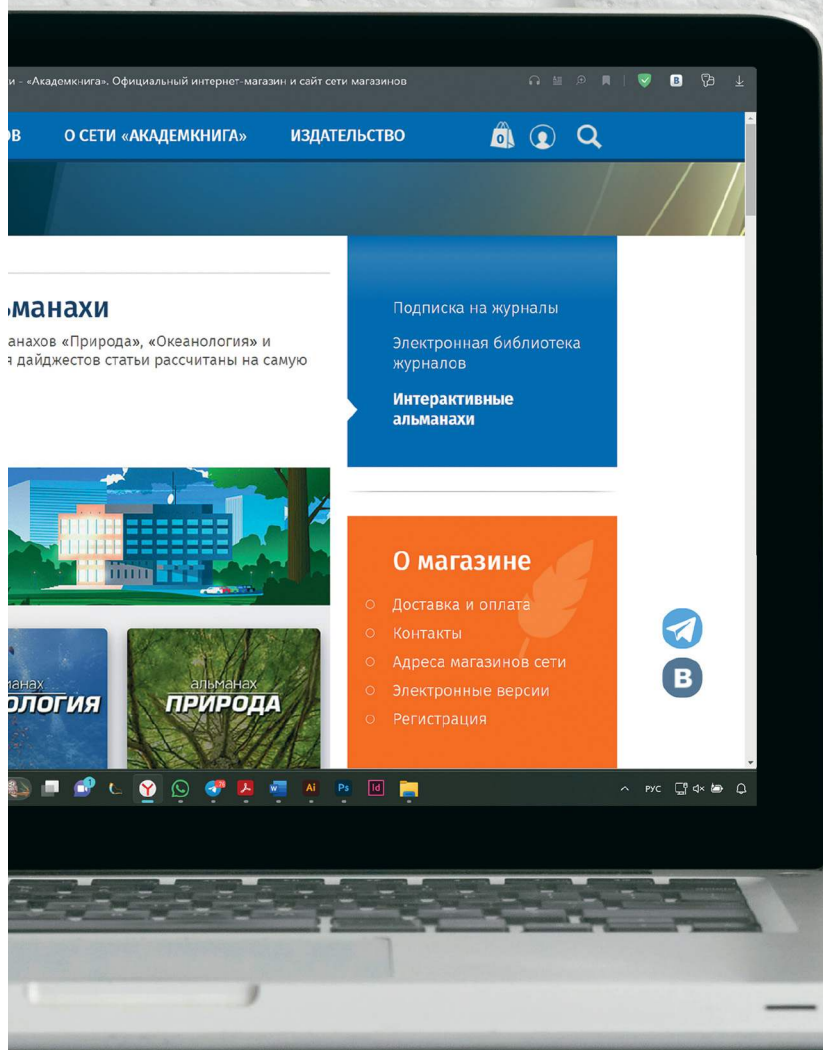
ПОКУПАЙТЕ ДЕШЕВЛЕ В ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНЕ ИЗДАТЕЛЬСТВА «НАУКА»



КНИГИ



ЖУРНАЛЫ



www.naukabooks.ru



НАУКА
— 1727 —



ИЗДАТЕЛЬСТВО "НАУКА"
121099, г. Москва, Шубинский пер., д. 6, стр. 1
тел.: +7 (495) 276-77-35
info@naukapublishers.ru
naukapublishers.ru

ISSN 0044-3948



9 770044 394007